EDIÇÃO ESPECIAL
REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA
2026
ISSN 2237-9223

Anais do

XXVIII Congresso Nacional de Criminalística
XI Congresso Internacional de Perícia Criminal
XXVIII Exposição de Tecnologias Aplicadas à Criminalística
27 a 30 de outubro • Wish Serrano • Gramado/RS

Versão preliminar dos anais do
XXVIII Congresso Nacional de Criminalística,
sujeita a alterações até a publicação final na
Revista Brasileira de Criminalística

OUTUBRO/2026

Comissão Organizadora

Presidente da Associação Brasileira de Criminalística (ABC): Marcos Antônio Contel Secco – POLITEC/MT

Presidente do XXVII Congresso Nacional de Criminalística: Cristiane Marzotto – IGP/RS

Coordenação Geral: Márcio Gil Faccin – IGP/RS

Coordenação Científica: Claudemir Rodrigues Dias Filho – SPTC/SP

Coordenação de Finanças: Greice Manoela de Amorim – IGP/RS

Coordenação Social: Lucas Toniolo da Silva – IGP/RS

Comissão Científica por Áreas Temáticas:

01 – Perícias em armas de fogo e relacionados

Coordenador: Jonathan Tobias Ramos (IGP/RS)

Membros:

Alex Flores Mendes (IGP/RS)

Eduardo Dal Pont Morisso (IGP/RS)

Juliana Dora Walenciuk Ferreira (IGP/RS)

Lehi Sudy dos Santos (SEPBAL/INC/DITEC/PF)

02 – Perícias audiovisuais e computacionais

Coordenador: Fábio Rodrigues Cieslak (IGP/RS)

Membros:

Luciano Beux (IGP/RS)

Laércio Silva de Campos Júnior (PCI/PR)

03 – Perícias documentais, merceológicas e financeiras

Coordenador: Eduardo Lima Silva (IGP/RS)

Membros:

Raimundo Humberto Sena de Oliveira (PCE/PA)

Nilton Thaumaturgo (DGPTC/RJ)

04 – Engenharia Forense

Coordenador: Wilson Toresan Júnior (IGP/RS)

Membros:

Jair de Almeida (IGP/RS)

Diogo Schwengber Posenatto (IGP/RS)

Nortthon Didyk (PCI/PR)

05 – Gestão e Inovação

Coordenadora: Sheila Cristina Wendt (IGP/RS)

Membros:

Alvaro Ferrary Rocha de Bitencourt (IGP/RS)

06 – Perícias em locais de morte e patrimônio

Coordenadora: Monica Midori Marcon Uchida Sguazzardi (SPTC/SP)

Membros:

Keila Aparecida de Almeida (SPTC/SP)

Anderson Fraga Morales (IGP/RS)

Barbara Zaffari Cavedon (IGP/RS)

07 – Perícias médicas, psíquicas e antropológicas

Coordenadora: Renata Cortez (IGP/RS)

Membros:

Michelle Larissa Zini Lise (IGP/RS)

08 – Perícias ambientais

Coordenador: Pedro Augusto Loguercio Bittencourt (IGP/RS)

Membros:

Themis Collares Antunes (IGP/RS)

Larissa Paludo Smaniotto (IGP/RS)

Dienifer Cunha dos Santos (IGP/RS)

09 – Perícias químicas e biológicas

Coordenadora: Milena Pellin Morsoletto (IGP/RS)

Membros:

Lara Regina Soccol Gris (IGP/RS)

Paulini Braun Wegner (IGP/RS)

Tatiana Pereira Gonzalez (IGP/RS)

Patrocinadores

DIAMANTE

DIAMANTE

EQUIPATEC

griaule

Regula
forensic science systems

OURO

OURO

SANTIAGO E CINTRA
GEOTECNOLOGIAS

TechBiz
Forense Digital

IAFIS Biometrics & Forensics Brasil

IDEMIA PUBLIC SECURITY

IN GROUPE

LEADSONLINE

projectina

MTi

TRM

PHONEXIA

PRATA

PRATA

Cellebrite

LEGACY

MAGNET FORENSICS®

BRONZE

BRONZE

Atola TECHNOLOGY

BIOLAB

FACILMOVA

FARO INSIGHT AMETEK

Forensics Brasil
CRIME SCENE AND LAB TECHNOLOGIES

FORENTEC

Leica MICROSYSTEMS

Millennium EDITORA

OSINT INDUSTRIES

Promega

SafetyWall
UMA EMPRESA DO GRUPO SMART POWER

teclab

ThermoFisher SCIENTIFIC

Waters™

APOIO

APCF
ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PERITOS CRIMINAIS FEDERAIS

FACULDADE DE DIREITO

INSTITUTO GERAL DE PERÍCIAS RS

SECRETARIA DA SEGURANÇA PÚBLICA
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

DEFENSORIA PÚBLICA
ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

ASDEP
ASSOCIAÇÃO DOS DELEGADOS DE POLÍCIA DO RIO GRANDE DO SUL

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
PODER JUDICIÁRIO
TRIBUNAL DE JUSTIÇA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ADVOGADOS CRIMINALISTAS
ABRACRIM - RS

REALIZAÇÃO

ABC
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

ACRIGS
Associação dos Peritos Criminais do RS

Sumário

Comissão Organizadora II

Patrocinadores IV

Trabalhos apresentados
Resumos aprovados para a sessão de pôsteres

BA – Perícias em armas de fogo e relacionados

Análise da composição e permanência em superfícies de resíduos de arma de fogo usando munição não tóxica 2
B. Herzog, E. Ribeiro, E. Merino

Ghost Guns e Armas de Fogo Impressas em 3D: A Escalada da Ameaça, o Vácuo Pericial e a Urgência de Respostas Jurídicas 5
L. N. Assad, E.M. P. Juniora, G. Lara, R. L. Moura, S. W. Lobo

Análise das forças aerodinâmicas em projéteis e sua aplicação à balística forense: Uma proposta didática para o ensino em sala de aula 9
D.G. Medeiros

Relato sobre as primeiras contribuições do Sistema Nacional de Análise Balística para a Polícia Científica do estado do Amazonas 13
A. A.Pereira, F.R. Albuquerque, J.S. Braga, U.G. Neiss, J.M. Holanda, J.M. Rocha Júnior

Análise temporal da integridade dos microelementos identificadores de projéteis de arma de fogo após imersão em sangue suíno 18
S.V. S. Rotta, L.H.S. Rotta, D.F. Garcia

Avaliação de métodos de limpeza de projéteis de arma de fogo e seus impactos no exame de confronto balístico: Análise de amostras expostas ao sangue suíno ao longo do tempo 23
S.V. S. Rotta, D.F. Garcia

Comparação da visualização de um projétil de arma de fogo por microscopia eletrônica de varredura e microscopia óptica em microcomparador balístico 27
D. F. Garcia, S.V. S. Rotta, S. L. F. Rosa, R. M. Marques, L.H.S. Rotta

Eficiência e Prestabilidade em Munições sem Utilização de Arma(s) de Fogo. 30
G. D. Rodrigues

É válida a inserção de padrões de arma de fogo artesanal no SINAB? Estudo de caso sobre a identificação de uma arma de fogo artesanal tipo submetralhadora utilizada em local de homicídio no Amazonas com auxílio do Banco Nacional de Perfis Balísticos 33
U. G. Neiss, J. M. R. Júnior, J. S. Braga, J. M. Holanda, A. Alves-Pereira

CP - Perícias audiovisuais e computacionais

O impacto dos recursos nativos de exclusão de mensagens do WhatsApp na análise forense móvel 39
M. G. Faccin, M. V. Rodrigues, F. D. Tarragô

Diarização não supervisionada de embeddings de voz aplicada à comparação forense de locutores 44
T. S. S. Freire

Corpus Forense do Ceará: um banco de vozes para a validação de Perícias Fonéticas. 48
C. N. Almeida Filho

Desbloqueio de dispositivos móveis e extração avançada de dados: análise forense em ambientes android e ios 51
I. R. Maciel

iOS com Proteção Contra Roubo Ativa: Metodologia para Extração e Pós-Processamento de Conversas do WhatsApp. 54
N. P. C. Neto, L. H. S. Almeida

Formatos Digitais de Arquivos de Imagem na Fotografia Criminalística: Integridade e Valor Probatório 59
T. F. Baldasso, G. M. Alvarez

Exame Forense em Câmeras Espiãs de Baixo Custo: Da Extração de Memória Flash à Vinculação ao Suspeito 64
M. B. Nunes

Desafios da Análise Acústica no Exame de Comparação Forense de Locutor: Revisão da Literatura 70
L. A. F Cazumbá, F. R. S Gianini, A. P.Sanches, J. A. Brito

Vestígios e estratégias para mitigar o impacto dos recursos nativos de exclusão de mensagens do WhatsApp na análise forense móvel 75
M. V. Rodrigues, M. G. Faccin, F. D. Tarragô

Impacto de Plataformas de Videoconferência na Análise Acústica da Fala: Implicações para Exames Periciais de Comparação Forense de Locutores. 80
M. T. A. Braga, P. Baron, S. B. S. Moraes, A. P. Sanches

Estimação de degradação espectral acumulativa em cadeias de codificação com perdas em áudio forense: estudo com 32.292 amostras 87
E. G. Reis, C. S. M. Furtado

Google Street View (Maps API): medindo referências no plano da pista e calibrando parâmetros de câmeras externas 92
G. M. Q. Mendonça, L. S. Nascimento

DF - Perícias documentais, merceológicas e financeiras

Autenticidade além da assinatura: fundamentos materiais e históricos na perícia de documentos e obras de arte 97
R. Lamare, M. E. O. Alves

A Necessidade de Inclusão da Seção de Razão de Verossimilhança em Laudos de Perícia Grafoscópica 99
C. N. Almeida Filho, L. A. C. Praça, A. P. T. B. Sobreira

Análise grafoscópica longitudinal das inscrições manuscritas de juarez machado (1964–2015): permanências e senescência gráfica em cinco décadas 102
S. R. R. Timi

Game Over no Tigrinho: a importância da perícia merceológica no desmantelo da lavagem de dinheiro nos crimes virtuais de azar 107
A. A. X. Soares

Análise Documentoscópica de Arquivos Digitais: Abordagem Perceptual, Contextual e de Metadados na Detecção de Fraudes em Pregão Eletrônico 111
L. A. F. Cazumbá, A. P. Sanches, F. R. S. Gianini, J. A. de Brito

Documentoscopia em Transição: do Papel ao Digital no TJ/SP (2019–2026) 115
L. A. F. Cazumbá, M. A. L. Silva, P. L. S. Neves

Decodificação de QR Code para aplicação na identificação veicular 118
M. W. Braga

EF - Engenharia Forense

Análise Pericial de Desabamento Parcial em Edificação Multifamiliar em Fortaleza-CE 121
F. V. S. Queiroz, J. F. S. Júnior

Inovação Pericial: Event Data Recorder (EDR) e a validação multidisciplinar da prova material em crime de trânsito na cidade de Goiânia – Relato de Caso 126
L. P. C. Costa, C. F. Arantes, D. V. Almeida

Retroanálise geotécnica como ferramenta pericial na determinação das causas de acidente por ruptura de talude em pedreira 132
M. S. Carretta, A. T. Espirito Santo, P. R. O. Frank

Aplicação de aerofotogrametria com drone na determinação de ângulos de derrapagem e reconstrução de dinâmica veicular: estudo de caso pericial 138
J. G. Silva Neto, B. P. Neves, M. N. Silva

Metodologia semiassistida por imagem para mensuração de deformações veiculares e estimativa da EES pelo método CRASH3 144
B. P. Neves, J. G. Silva Neto, R. de O. Mapele

Retroanálise da estabilidade geotécnica em um caso de deslizamento de talude no aterro sanitário da Região Metropolitana de Curitiba 151
B. T. Otsuka, E. G. F. Mercuri, M. P. N. e Silva

Título pleno do trabalho: Inteligência Artificial Especializada Aplicada à Investigação Pericial de Incêndios: Apoio Metodológico e Padronização do Raciocínio Causal 156
L. G. Silva

Extensão da Razão Cruzada para 6 Pontos Colineares com Aplicação em Fotogrametria Forense: Formulação Matemática, Análise de Incerteza e Aplicação em Estimativa de Velocidade Veicular. 159
I. N. L. Silva, E. Fernandes

Análise pericial de colapso estrutural de laje nervurada em edificação comercial: estudo de caso em engenharia forense no município do Recife-PE. 165
A. P. Q. Souza, J. A. Wissmann, M. S. de Lima Dias, C. A. C. Lyra, M. G. de A. Specht

GI - Gestão e Inovação

Capacitação Pericial e Segurança Pública Baseada em Evidências: Resultados e Desdobramentos do Projeto Trilhas de Evidências 168
C. M. Kaneto, A. C. S. Souza, M. A. O. Lima

Especialização do trabalho policial e pericial segundo os tipos de investigação: uma discussão teórico-conceitual 174
L. P. C. Costa, T. R. Fagundes

Do contexto investigativo à evidência: qualificando a coleta de DNA de contato em veículos. 177
L. S. Beltrami, U. V. Pereira, G. L. Kortmann

Automação da Emissão de Laudos Periciais por Inteligência Artificial Generativa: Da Concepção à Adoção 181
S. B. T. Leite

Instituto Central de Custódia de Vestígios na Polícia Científica da Bahia: Estratégia inovadora na Perícia Baiana. 185
L. S. Carvalho, B. G. C. Lima, A. F. Santana

O Impacto da criação do Posto de Criminalística de Santa Cruz do Sul no aumento das solicitações periciais em crimes contra vida e acidentes de trânsito 191
A. T. Espirito Santo, M. S. Carretta

Xandroid: plataforma de auditoria de campo, padronização taxonômica e blindagem da cadeia de custódia por criptografia SHA-256 offline e inteligência artificial assistida 196
A. D. Moura

Inovações no Laboratório de Genética Forense da Polícia Científica do Pará: desenvolvimento de um software para gestão da qualidade 199
B. D. P. Alcântara, E. M. Ribeiro-Rodrigues, M. S. R. Mata

Busca Ativa como função pericial estratégica na identificação e na destinação de corpos sob custódia do Estado 202
M. F. Medeiros

Busca Ativa como função pericial estratégica na identificação e na destinação de corpos sob custódia do Estado 209
A. U. S. Petry, P. V. Machado, B. F. P. Beck, R. P. Baldasso[a], K. C. Crespo, M. C. Barros, A. L. Araújo, D. M. F. Montalvo, P. Marina

Otimização da Gestão de Equipamentos Forenses: A Automatização de Registros como Ferramenta de Garantia da Qualidade 213
L. T. Silva, S. M. Dias, M. M. T. Rosário

Liderança tóxica e saúde mental no serviço público de segurança: evidências da literatura científica e reflexões para as instituições de segurança pública 217
M. C. Begnossi

A Importância da Perícia Criminal Militar nos Corpos de Bombeiros Militares 223
M. F. Pereira Junior, P. P. Oliveira, T. V. da Silva

LC - Perícias em locais de morte e patrimônio

Potencialidades e limitações no uso do scanner 3-D em tiros de armas de fogo em veículos . . . 227
W. C. Ferrão, A. L. Martinelli, S. e Silva

Reprodução Simulada dos Fatos com Imageamento 3D como recurso para elucidação de eventos complexos: homicídio ou disparo acidental por arma de fogo? 231
C. M. Fert, F. B. Palma, L. Beux, C. B. Gualdi e B. Z. Cavedon

Perfil pericial dos suicídios examinados em Porto Alegre/RS em 2020: achados de local, necroscópicos e laboratoriais 236
A. F. Morales

Assistentes de inteligência artificial e a dinâmica dos fatos: a relevância do acesso imediato a vestígios digitais em locais de crime 242
B. H. Mossmann, M. R. Fernandes

Pets que comem cadáveres: relatos de casos na perícia do RS e comparativo com outros animais 247
M. L. Pellizzari

Análise Pericial de Adulteração de Carga como Modalidade de Fraude Patrimonial: Correlação entre Vestígios Físicos e Evidências Bromatológicas 251
M. Lima, R. J. Nascimento

A reprodução simulada dos fatos como instrumento de validação da prova testemunhal: relato de caso em crime de latrocínio no Oeste do Paraná 256
R. M. Lessa, E. A. Carvalho, D. R. Silva, T. O. C. Leite, J. A. Nogueira

Documentação aérea em Antropologia Forense: uso de aeronaves remotamente pilotadas (RPA) na gestão de exumações forenses 259
L. Y. S. Martins, B. C.P. Maia, M. Calmon, T. E. S. Tomé, A. S. Costa, C. E. P. Machado, M. A. Guimarães, A. R. Deitos

Distribuição geográfica da tipologia de instrumentos em homicídios noturnos em Manaus 264
T. S. Marques

Do protocolo ao local de crime: análise pericial do overkill em feminicídios 270
M. C. V. Rocha, E. L. Chrominski

ML - Perícias médicas, psíquicas e antropológicas

Distribuição dos serviços de verificação de óbito no Brasil: análise da implementação da rede nacional frente à previsão normativa 272
M. L. Z. L. Guedes, P. C. Farias, L. C. M. Farias

Exumação na Antropologia Forense como ferramenta diagnóstica em suspeita de envenenamento em série: relato de caso 275
L. Y. S. Martins, D. T. F. Cardoso, L. M. Mendes, G. T. Rodrigues, V. A. P. Gianvecchio, E. M. Aquino, P. A. Okuyama, A. R. Deitos

Decomposição em ambiente interno: estudo comparativo experimental da influência da entomofauna em Sus scrofa domesticus e correlação com casuística pericial 279
L. Y. S. Martins, M. Calmon, T. E. S. Tomé, A. S. Costa, L. M. Mendes, C. E. P. Machado, M. A. Guimarães, A. R. Deitos

Psicopatia e Imputabilidade Penal: Limites da Perícia Psiquiátrica 285
R. B. Muller, S. I. D. R. Schneider, A. C. Lüdkte, F. Cavinatto, J. G. Guimarães, T. Cazer, S. L. Guterres

Síndrome compartimental em criança após fratura: relato de caso com desfecho grave e discussão médico-legal 289
M. L. Z. Lise, D. Durão, L. S. Galloni, A. F. Michelin

Padronização Metodológica de Procedimento Minimamente Invasivo em Casos de Autópsia. 291
L. L. R. Lima, A. L. L. Patti, L. S. D. Silva, G. A. P. Gomes, M. S. Silva, J. T. Filho, P. H. N. Saldiva, A. C. M. Malinverni, E. S. M. Iwamura

Estimativa de intervalo pós-morte utilizando o cupim ***Nasutitermes itapocuensis*** (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae) em um estudo de caso antropológico. 296
V. W. Botteon, A. Gaedke, P. Miamoto, M. C. S. Chupel, L. R. Fontes, D. Mouga

Infanticídio ou natimortalidade? O papel da perícia médico-legal na definição do caso 299
J. N. Lima Júnior, M. A. A. Santos Filho

Avanços na radiografia digital em sistema Flatscan dedicado como método complementar à autópsia em cadáveres putrefeitos. 304
D. M. F. M. Mendonça, A. L. Araújo, T. Campos, M. Caon, P. Marin, P. Barragan, R. P. Baldasso, M. M. Miranda, A. Petry, M. C. Barros

Violência letal contra mulheres e indicadores macroestruturais: evidências de um painel global para inteligência analítica em segurança pública 309
F. C. Bitencourt, E. T. Pereira, L. Ferraz, J. P. S. Dutra, G. P. A. Rocha, J. C. M. Narvaez, H. F. Moura

Relato de caso: intoxicação exógena por arsênio 314
A. L. Araújo, A. U. Petry, K. C. Crespo, R. P. Baldasso, C. C. Bettoni, V. Fassina, R. C. Vieira, D. C. Paim, D. C. Santos, M. C. Barros

PA - Perícias ambientais

Organização, padronização e otimização de processos no Setor de Perícias Ambientais: impactos na eficiência operacional 318
K. Kellermann, B. S. Machado, J. P. P. Vieira

Incêndio Florestal no Parque Estadual Cocó: uma abordagem pericial sobre as causas e consequências 322
F. V. S. Queiroz

Análise comparativa da oferta de vagas para peritos oficiais criminais médicos veterinários no Brasil em relação à promulgação da Lei nº 14.064/2020 325
L. C. Albuquerque, I. D. D. Souza, J. K. Santos, E. S. S. Andrade, G. G. P. P. Brasil

A Voz da Vítima Silvestre: Perícia Criminal Ambiental em Caso de Morte Violenta de Fauna Silvestre no Extremo Sul da Bahia 331
C. B. Gazolla

Maus-Tratos Contra Animais: Um Estudo Documental de Laudos Periciais da Polícia Civil do Distrito Federal (2021-2025) 338
G. M. C. Sant'Anna, G. C. Dalton, A. E. Maia, L. P. A. Deus, A. M. Trein[b], P. H. C. Naves, Y. N. G. Fonseca, D. B. Luz, M. A. Berçot

Crueldade animal como marcador de violência interpessoal: óbito provocado por trauma não acidental com lesões térmicas pós-morte – Relato de Caso 343
B. E. Patini, C. K, S. Roque, C. N, A, Souza, D. S. Araújo, M. L. Junior, R.S.Oliveira, S. S. N. Almeida

Dano climático associado a crimes ambientais no Cerrado: aplicação do custo social do carbono. 348
M. A. Berçot, F. S. Freire, V. C. Pereira, P. H. C.Naves, C. G. M. Ângelo, G. C.Daltona

Análise forense integrada em cadáver de ***Hydrochoerus hydrochaeris*** - capivara. 354
J. M. Maczuga, A. Andreassa, A. C. Bressan, B. M. S. Chalcoski, B. B. Mileki, K. C. Cancela, S. C. Jorge, N. Wistuba

Levantamento de fauna periciada no Distrito Federal entre 2009 e 2025 360
J. J. Y. A. Sato, M. A. Berçot, P. H. C. Naves, A. M. Trein, L. P. A. Deus, A. E. Maia, D. B. Luz, Y. N. G. Fonseca, F. P. Rodrigues, G. C. Dalton

Danos a geoglifos e a atuação da Perícia Criminal Federal: análise de laudos periciais. 365
J. M. A. Simões, R. Feres

Desmatamento e Valoração Ambiental: Contribuições Metodológicas à Perícia Criminal no Âmbito da Mata Atlântica em Pé 2025 371
T. C. Antunes, R. C. Vieira

A linha tênue entre a fatalidade e o crime: análise pericial de dois casos de asfixia em cães 376
A. A. X. Soares, G. P. Rojas

QB - Perícias químicas e biológicas

Análise quantitativa das drogas apreendidas em ações criminais na região de atuação da Coordenadoria Regional de Polícia Técnica de Ilhéus 380
C. M. P. Dantas, M. A. O. Lima, D. F. Bastos, R. T. S. Chagas, J. F. Santos, J. F. M. Barragan, A. C. S. Souza, C. M. Kaneto

Avaliação do uso de furanos ativados por ácido carbônico na análise direta de drogas derivadas da feniletilamina. 384
E. Spinelli, C. A. Varela

A Importância do Banco de Dados de Perfis Genéticos de Cadáveres de Identidade Desconhecida no Estado do Pará 389
E. M. Ribeiro-Rodrigues, H. A. B. Sousa, M. S. Costa, R. U. L. Iespa, M. M. C. Paula

Divulgação da importância dos insetos para a investigação criminal 393
B. E. Souza, J. S. Costa, D. V. A. Ramos, L. T. Carneiro, V. M. Aguiar

Desenvolvimento de método analítico para determinação de ácido fórmico em amostras de sangue e humor vítreo, empregando a Cromatografia Gasosa com Detector por Ionização em Chama 398
R. S. A. Azevedo, C. S. L. Oliveira, G. C. Filho, L. C. R. Júnior, L. O. Pereira, I. Santos

Caracterização da Distribuição de Matches em Crimes de Roubo: Análise das Coincidências Genéticas Relacionadas ao Assalto à Empresa de Valores em Guarapuava (2022). 402
M. P. B. Celli, P. E. Fornari, J. Brodzinski, A. C. M. Braga, C. M. S. Becker, M. Malaghini, M. M. T. Rosário, P. H. Canezin, J. A. M. T. Luz, L. D. G. Kobachuk

Identificação Humana no Paraná: Processamento de Amostras Biológicas de Cadáveres Custodiadas (2014-2025) e Integração ao Banco Nacional de Perfis Genéticos. 406
K. M. Silva, T. O. Tanaka, R. Maia, M. N. Souza, T. A. Belo

Desenvolvimento de Método Simultâneo de Pesquisa e Dosagem de Álcool Metílico e Álcool Etílico nos casos de Suspeita de Intoxicação por Bebidas Adulteradas no Brasil em 2025 no estado do Rio Grande do Sul 411
A. S. Andrade, V. B. Domingos, C. C. Nunes

Análise toxicológica de monóxido de carbono por método otimizado e correlação de achados periciais: relato de caso em Maceió/AL. 415
A. N. P. Gomes, L. R. M. R. Goulart, M. V. A. Santos, N. L. Gonzaga, R. B. Leite, T. F. Goulart

Análise temporal do perfil de substâncias detectadas em selos de papel apreendidos no Rio Grande do Sul entre 2018 e 2025. 421
M. P. Thomé, B. Gauer, D. Scolmeister, S. M. Silva

Aplicação da fluorescência de raios X portátil e técnicas quimiométricas na identificação de fraudes em farelo de soja. 424
J. R. Andrade, A. C. J. Cunha, A. Andreassa, M. G. S. Stroski, L.H. F. de Moraes, B. T. Otsuka, S. W. Lobo

Vestígios de fluidos corporais: um olhar sob a espectroscopia raman. 428
J. O. Santos, L. A. S. Riberiro, A. M. Batista, A. Z. Freitas, N. U. Wetter

Trabalhos apresentados
Ementas aprovadas para a sessão de apresentações orais

BA – Perícias em armas de fogo e relacionados

Microcomparação balística como ferramenta de vinculação entre locais de crime distintos: Estudo de caso com 23 ocorrências nos municípios de Manaus e Iranduba - AM 432
J. M. Rocha, J. S. Braga, C. U. G. Neiss, A. Alves-Pereira

Validação estatística do desempenho do sistema Quantum como ferramenta de apoio ao SINAB 434
F. C. S. Gervásio

CP - Perícias audiovisuais e computacionais

Análise Forense do Mecanismo de Bloqueio de Aplicativos (App Lock) em Dispositivos Xiaomi: Identificação de Artefatos e Inferência de Credenciais 436
M. A. Hempkemeyer

Análise Forense de Vídeo e Modelagem Computacional 3D Aplicadas à Reconstituição de Cena de Crime: Estudo do Caso de Tiroteio em Restaurante em Belém-PA. 441
I. R. Maciel

Comparação facial assistida por inteligência artificial, com expressão do resultado em LR 443
C. Braid

Análise de Audibilidade de Disparo de Arma de Fogo em Diferentes Pavimentos de Edificação: Um Estudo de Caso com Ensaios Controlados e Análise Espectrográfica. 445
F. A. Silva, M. T. Carvalho, L. D. M. Santos

Violence as a Service (VaaS) e *Crime as a Service* (CaaS): Aspectos Essenciais da Perícia Computacional para Atuação de Combate no Ecossistema Cibercriminoso Transnacional . . . 447
J. B. Santos Junior, C. R. Brene, B. B. Brene, R. A. Shinma

Exame Forense em Câmeras Espiãs de Baixo Custo: Da Extração de Memória Flash à Vinculação ao Suspeito 454
M. B. Nunes

A Contribuição da Computação Forense na Investigação de Eventos Críticos em Ambiente Hospitalar: Correlação Temporal e Análise Multissistêmica de uma Ocorrência no Distrito Federal 456
G. V. Braga, L. de S. Oliveira, E. J. J. Mallmann

Análise de Viabilidade Técnica Pericial de Vestígios Sonoros Digitais Aplicada aos Exames Forenses de Verificação ou de Atribuição da Autoria da Emissão de Voz e de Fala 458
T. A. Braga, S. B. S. Moraes

DF - Perícias documentais, merceológicas e financeiras

SigForense: Sistema Multi-Agente de Verificação Forense de Assinaturas Manuscritas com Razão de Verossimilhança Bayesiana 469
Ê. R. Viana, F. Í. G. da Silva

Autenticidade além da assinatura: fundamentos materiais e históricos na perícia de documentos e obras de arte 473
R. Lamare, M. E. Alves

Game Over no Tigrinho: a importância da perícia merceológica no desmantelo da lavagem de dinheiro nos crimes virtuais de azar 479
A.A.X. Soares

Influência de Instruções Ocultas na Análise Automatizada de Documentos Jurídicos: Um Estudo Comparativo entre Sistemas de Inteligência Artificial 480
C. V. Barbosa, D. M. do Amaral

Ponderações sobre exames periciais em documentos PDF assinados digitalmente via GOV. BR e obtidos de sistemas judiciais eletrônicos 482
R. T. Felipe

EF - Engenharia Forense

Acidentes de Trabalho: Limitações das Abordagens Periciais e a Necessidade de uma Compreensão Sistêmica 484
C. B. do Amaral, A. P. L. Santos

Inovação Pericial: Event Data Recorder (EDR) e a validação multidisciplinar da prova material em crime de trânsito na cidade de Goiânia – Relato de Caso 495
L. P. C. Costa, C. F. Arantes, D. V. Almeida

Análise comparativa entre fotogrametria digital e 3D Gaussian Splatting para documentação forense de vestígios veiculares 501
M. F. A. Silva, A. R. Cukla, S. G. S. Alcalá

Revisão de casos de desabamento por ruptura de consolo em concreto pré-moldado: achados periciais, retroanálises e recomendações 503
J .A. Wissmann, M. Mazzuco, J. H. Freitas, G. L. Dutra

Airbag e EDR – funcionamento, extração de dados e sua utilização forense Takata e outros casos . . 505
W. Kauffmann Neto

Limitações da Equação de Torricelli na Estimativa de Velocidade por Marcas de Frenagem 507
W. Kauffmann Neto

A Relevância da Assistência Técnica Pericial no Processo Criminal e a Discussão sobre o Dolo Eventual na Elucidação de Sinistros de Trânsito (Caso real) 509
R. Kleinubing, C. Tombinia

Retroanálise da estabilidade geotécnica em um caso de deslizamento de talude no aterro sanitário da Região Metropolitana de Curitiba 511
B. T. Otsuka, E. G. F. Mercuri, M. P. N. e Silva

Título pleno do trabalho: Inteligência Artificial Especializada Aplicada à Investigação Pericial de Incêndios: Apoio Metodológico e Padronização do Raciocínio Causal 513
L. G. Dias

Retroanálise da estabilidade geotécnica em um caso de deslizamento de talude no aterro sanitário da Região Metropolitana de Curitiba 516
B. T. Otsuka, E. G. F. Mercuri, M. P. N. e Silva

Colapso Estrutural em Oficina Mecânica: Análise Diagnóstica Forense de Engenharia e Mecanismos de Carbonatação do Concreto. 521
A. P. Q. Souza, J. A. Wissmann, M. S. de Lima Dias, C. A. C. Lyra, M. G. de A. Specht

GI - Gestão e Inovação

Charlie: Assistente de IA em Criminalística 523
L. D. Carneiro, A. L. S. Meirelles, J. de A. Gomes, R. C. A. Cabral

Maturidade da Gestão do Conhecimento nos Órgãos de Perícia Oficial de Natureza Criminal do Brasil: ênfase na Polícia Técnica da Bahia 525
Z. S. Moraes[a], G. Varvakis

Prova pericial proativa: modelo técnico-operacional de classificação de risco letal em violência de gênero 527
T. M. de Souza

Automação da Emissão de Laudos Periciais por Inteligência Artificial Generativa: Da Concepção à Adoção 529
S. B. T. Leite

A perícia integradora como resposta criminalística ao domínio social estruturado. 531
P. R. O. Frank

Xandroid: plataforma de auditoria de campo e blindagem da cadeia de custódia por criptografia offline 541
A. D. Moura

Centralização das contratações para modernização da Polícia Científica, realizadas pelo Fundo Nacional de Segurança Pública - SENASP/MJSP, como meio para economicidade. . . 543
L. B. Santos Júnior, M. B. N. Homem, D. D. Silveira, E. de O. Manso, D. F. Espíndola Júnior

O Último em 27 Entes Federativos: a Proposta do Instituto de Criminalística da PCDF para Consolidar-se como Ponto Central e Exclusivo no Processo de Extração de Dados de Dispositivos de Informática 545
L. de S. Oliveira

LC - Perícias em locais de morte e patrimônio

LOCARD PDF: Módulo Integrado de Análise Forense de Documentos PDF para o Framework Audiovisual LOCARD 547
Ê. R. Viana, F. Í. G. da Silva

A Perícia de Local na Identificação de Tomada de Território por Facção em Ocorrências de Morte Violenta: Estudo de Caso 552
S. M. de Souza, B. M. Santiago, E. P. Soriano, M. V. D. Carvalho

Do local de crime ao exame de manuscritos: a extensão do processamento pericial ao ambiente relacionado na identificação de padrões de reatividade violenta aguda do agressor e novos crimes 554
S. M. de Souza, B. M. Santiago, E. P. Soriano, M. V. D. Carvalho

Análise Pericial de Adulteração de Carga como Modalidade de Fraude Patrimonial: Correlação entre Vestígios Físicos e Evidências Bromatológicas 556
M. Lima, R. J. Nascimento

Suicídio ou homicídio? Análise de casos reportados como suicídio por enforcamento com reclassificação da maneira da morte pela Perícia Criminal 558
M. P. Macedo

Desafios periciais na investigação de morte por asfixia por gás hélio: relato de caso. 560
H. L. Riella, L. A. Corrêa

Do protocolo ao local de crime: análise pericial do overkill em feminicídios 562
M. C. V. Rocha, E. L. Chrominski

ML - Perícias médicas, psíquicas e antropológicas

Como Policiar a Misoginia? Fatores da Masculinidade em Casos de Massacres Escolares . . . 564
S. Falsetti-Xavier, W. A. Oliveira

Avaliação de Fragmentos de Cérebro, Fígado e Músculo Esquelético Humano, Obtidos por Procedimento Minimamente Invasivo em Diferentes Intervalos ***Post Mortem*** 566
A. L. L. Patti, L. L. R. Lima, G. A. P. Gomes, L. S. Dutra, M. S. Silva, J. T. Filho, P. H. N. Saldiva, A. C. M. Malinverni, E. S. M. Iwamuraas

Adultização de crianças e adolescentes e o eca digital 568
M. F. G. de M. S. Alves, V. Aguiar, L. F. Costa, M. Bushatsky

Análise de Viabilidade Técnica Pericial Aplicada a Vestígios Digitais em Exames Forenses de Verificação e de Atribuição de Autoria da Emissão de Voz e de Fala. 570
R. T. A. Braga, S. B. S. Moraes

A busca ativa na política de identificação de pessoas desaparecidas: relato de caso em Antropologia Forense sob a perspectiva dos Direitos Humanos 572
R. M. Lessa, E. A. Carvalho, R. Langwinski, J. A. Nogueira

Explosão na ENAEX - Um estudo de caso sobre aplicação de protocolo DVI (Disaster Victims Identification) na identificação de vítimas do acidente ocorrido em fábrica de explosivos localizada em Quatro Barras - Paraná 574
M. N. Souza, L. L. Junior, R. R. Jakubiak

Violência contra mulheres em perspectiva global: determinantes estruturais, produção científica e desafios para políticas públicas 576
V. F. C. Bitencourt, E. T. Pereira, L. Ferraz, J. P. S. Dutra, G. P. A. Rocha, J. C. M. Narvaez, H.F. Moura

Produção da prova pericial em violência contra a mulher: desafios e perspectivas na implantação do Núcleo de Perícia Psicológica do DPT-BA 578
D. S. N. Rosa

O Passivo de Ossadas no Amapá (2013-2023): Estudo Transversal e Proposta de Protocolo Multidisciplinar 580
F. A. A. M. Silva, C. M. S. Fernandes, M. C. Serra

PA - Perícias ambientais

A linha tênue entre a fatalidade e o crime: análise pericial de dois casos de asfixia em cães 582
A. A. X. Soares, G. P. Rojas

Investigação pericial de envenenamento animal: análise de casos submetidos à necropsia e exame toxicológico 584
G. C. Dalton, Y. N. G. da Fonseca, M. B. Castro, E. F. Júnior

QB - Perícias químicas e biológicas

Análise Toxicológica Forense da Formação de Cocaetileno em Casos de Uso Concomitante de Cocaína e Etanol: Estudo de 4 Vítimas. 586
F. D. J. Rebouças, D. P. Magalhães, T. V. B. Silva, W. P. H. Júnior, L. S. M. Caetano

A Genética Forense como Ferramenta de Precisão na Identificação de Conflitos Homem-Fauna: O Caso do Ataque de Onça-Pintada (Panthera onca) no Pantanal Sul-Mato-Grossense. 588
T. S. O. Tanaka, A. G. L. Arruda, W. N. M. Eduardo, J. S. F. Prado da Silva

Perfil toxicológico das amostras analisadas na Divisão de Toxicologia Forense do Instituto Geral de Perícias do Rio Grande do Sul e a correlação com histórico das ocorrências 590
G. P. Meyer, B. S. Plachi, C. C. Nunes

EDIÇÃO ESPECIAL
REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA
2026
ISSN 2237-9223

Trabalhos apresentados

XXVIII Congresso Nacional de Criminalística
XI Congresso Internacional de Perícia Criminal
XXVIII Exposição de Tecnologias Aplicadas à Criminalística
27 a 30 de outubro • Wish Serrano • Gramado/RS

Resumos aprovados para a sessão de pôsteres

OUTUBRO/2026

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise da composição e permanência em superfícies de resíduos de arma de fogo usando munição não tóxica

B. Herzog[1], E. Ribeiro[1], E. Merino[2]

[1] Universidade Federal do Paraná (UFPR) [2] Polícia Científica do Paraná (PCP)

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos de disparo de arma de fogo (Gunshot Residue – GSR) constituem um dos principais vestígios utilizados na investigação de crimes envolvendo armas de fogo. Essas partículas são produzidas durante a combustão da pólvora e da espoleta, sendo compostas por uma mistura de materiais provenientes principalmente da munição e uma parcela do projétil. Tradicionalmente, a identificação desses resíduos baseia-se na detecção de elementos como chumbo (Pb), bário (Ba) e antimônio (Sb), característicos de munições convencionais.

Entretanto, a crescente substituição dessas munições por alternativas livres de metais pesados, conhecidas como munições não tóxicas (Non-Toxic Ammunition – NTA), tem imposto novos desafios à ciência forense. A ausência dos marcadores clássicos dificulta a identificação do GSR por métodos tradicionais, tornando necessária a caracterização de novas assinaturas químicas capazes de diferenciar resíduos provenientes desse tipo de munição.

Nesse contexto, técnicas amplamente utilizadas na ciência dos materiais surgem como alternativas promissoras para a caracterização desses resíduos. Entre elas destacam-se a Microscopia Eletrônica de Varredura acoplada à Espectroscopia por Energia Dispersiva (SEM-EDS) que em nosso projeto será complementada com a Espectroscopia Raman, capazes de fornecer informações sobre morfologia, composição elementar e estrutura química das partículas.

Além da identificação química, compreender o comportamento do GSR após sua deposição em diferentes superfícies é igualmente importante para aplicações periciais. A persistência desses resíduos depende das características do substrato, como rugosidade, porosidade e composição química, fatores que influenciam diretamente sua adesão e permanência ao longo do tempo.

Dessa forma, este trabalho busca caracterizar resíduos provenientes de munições não tóxicas antes e após o disparo e, posteriormente, investigar sua permanência em diferentes superfícies, visando fornecer subsídios científicos para o aprimoramento das análises realizadas pela Polícia Científica.

2. METODOLOGIA

A pesquisa foi dividida em duas etapas principais. Inicialmente, realizou-se a caracterização da pólvora contida em munições não tóxicas antes do disparo. Para isso, os cartuchos foram cuidadosamente abertos e a pólvora removida para análise por Microscopia Eletrônica de Varredura acoplada à Espectroscopia por Energia Dispersiva de Raios X (MEV-EDS). A composição química obtida experimentalmente será comparada com as informações disponibilizadas pelo fabricante da munição, a Companhia Brasileira de Cartuchos (CBC), permitindo verificar a concordância entre os perfis esperados e os observados.

Na segunda etapa, foram coletados resíduos gerados após o disparo da arma de fogo. Para concentrar o material particulado produzido durante o disparo, foi desenvolvido um sistema de coleta composto por uma câmara envolvendo a extremidade do cano da arma, contendo uma abertura para a passagem do

projétil e outra conectada a um sistema de aspiração equipado com um filtro. Os resíduos de disparo (GSR) retidos nesse filtro constituem as amostras analisadas neste trabalho.

A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) é uma das principais ferramentas utilizadas para caracterização morfológica de materiais. Diferentemente dos microscópios ópticos, o MEV utiliza um feixe focalizado de elétrons que percorre a superfície da amostra. A interação desses elétrons com o material gera diferentes sinais, principalmente elétrons secundários e retroespalhados, que são detectados pelo equipamento. Analisando a diferença do feixe incidente e do detectado podemos converter esse sinal em imagens de alta resolução. Dessa forma, torna-se possível observar características como formato das partículas, rugosidade superficial, presença de poros, trincas e distribuição granulométrica.

Quando acoplado ao detector de Espectroscopia por Energia Dispersiva de Raios X (EDS), o sistema passa a fornecer também informações sobre a composição elementar da amostra. Durante a interação do feixe eletrônico com o material, ocorre a emissão de raios X característicos dos elementos químicos presentes. Como cada elemento possui energias características de emissão, é possível identificar qualitativamente e, em muitos casos, quantitativamente sua composição química. A combinação entre MEV e EDS torna essa técnica uma das mais utilizadas na caracterização de resíduos de disparo, pois permite relacionar simultaneamente morfologia e composição química das partículas.

Outra técnica empregada neste trabalho é a Espectroscopia Raman. Seu princípio baseia-se na incidência de um laser monocromático sobre a amostra, cuja interação com as vibrações moleculares provoca um espalhamento inelástico da luz. Esse espalhamento gera deslocamentos na frequência da radiação incidente, produzindo um espectro característico para cada material, frequentemente denominado “impressão digital espectral”. A técnica apresenta como principal vantagem ser não destrutiva e exigir pouca preparação da amostra, além de possibilitar a identificação de compostos químicos mesmo em pequenas quantidades.

Na ciência forense, a espectroscopia Raman vem sendo cada vez mais utilizada para identificação de drogas, explosivos, pigmentos e resíduos de disparo, devido à rapidez da análise e à possibilidade de obtenção de informações químicas detalhadas sem comprometer a evidência. Essa característica torna a técnica particularmente interessante para laboratórios periciais que buscam métodos mais acessíveis e versáteis para a caracterização de GSR.

As amostras de pólvora e de GSR serão inicialmente caracterizadas por MEV-EDS, permitindo a análise conjunta da morfologia e da composição elementar. Em seguida, as mesmas amostras serão submetidas à espectroscopia Raman, com o objetivo de avaliar sua capacidade de identificar os compostos presentes e complementar as informações obtidas por MEV-EDS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente estão sendo analisadas amostras de munição não tóxica antes do disparo e resíduos coletados após a combustão. O objetivo dessa etapa é identificar as alterações químicas e morfológicas provocadas pelo processo de disparo, estabelecendo um perfil comparativo entre o material original e os resíduos gerados.

A caracterização inicial será realizada por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura acoplada ao sistema EDS (SEM-EDS), permitindo analisar simultaneamente a morfologia das partículas e sua composição elementar. Essas informações servirão como referência para a identificação dos principais elementos presentes no GSR e de como a combustão e contato com a atmosfera local afeta a composição.

Embora a caracterização de resíduos de disparo por MEV-EDS seja amplamente empregada na literatura, ainda não existe um perfil químico bem estabelecido para resíduos provenientes de munições não tóxicas. Além de se tratar de uma tecnologia relativamente recente, a composição desses resíduos varia significativamente entre fabricantes e tipos de munição. Para as munições produzidas pela Companhia Brasileira de Cartuchos (CBC), em especial, não foi encontrado um padrão composicional consistente, tanto em estudos envolvendo munições destinadas ao mercado nacional quanto à exportação. De modo geral, os elementos mais frequentemente relatados são alumínio (Al), silício (Si), potássio (K), oxigênio (O) e cobre (Cu). Entretanto, parte desses elementos pode ter origem em componentes metálicos da própria munição, dificultando a identificação de marcadores químicos característicos do GSR.

Em razão da baixa concentração e da elevada variabilidade composicional desses resíduos, a utilização exclusiva do MEV-EDS pode não ser suficiente para estabelecer um perfil químico confiável. Nesse contexto, a espectroscopia Raman é empregada como técnica complementar, fornecendo informações sobre a composição molecular das partículas

de forma rápida e não destrutiva. A combinação das duas técnicas tem potencial para ampliar a capacidade de caracterização do GSR e contribuir para a identificação de assinaturas químicas mais representativas das munições não tóxicas.

Posteriormente, as mesmas amostras serão analisadas por Espectroscopia Raman. Essa etapa busca verificar a capacidade da técnica em identificar os compostos presentes nos resíduos de forma rápida e não destrutiva, avaliando seu potencial para complementar análises realizadas por SEM-EDS em aplicações forenses, deixando a técnica mais confiável.

Após a caracterização química dos resíduos, em trabalhos futuros, serão realizados ensaios de permanência em superfícies. Diferentes materiais representativos de ambientes cotidianos, como tecidos, pisos e pele, serão contaminados com GSR e analisados em diferentes intervalos de tempo após a deposição. Serão investigadas propriedades como rugosidade, porosidade e composição química das superfícies, buscando compreender sua influência sobre a retenção, adesão e detectabilidade dos resíduos.

4. CONCLUSÃO

Como o uso das munições não tóxicas vêm crescendo, graças aos seus benefícios à saúde do atirador e do meio ambiente como um todo, espera-se estabelecer um perfil químico e morfológico dos resíduos provenientes dessa nova tecnologia, identificando as alterações promovidas pelo processo de combustão e comparando-as com dados previamente descritos na literatura.

Também se espera demonstrar a viabilidade da espectroscopia Raman como ferramenta complementar para caracterização de GSR, ampliando as possibilidades de aplicação dessa técnica em laboratórios forenses.

Por fim, em trabalhos futuros, pretende-se compreender como diferentes superfícies influenciam a permanência dos resíduos ao longo do tempo. Essas informações poderão contribuir para a otimização dos protocolos de coleta de vestígios, auxiliando peritos na seleção de locais com maior probabilidade de retenção de GSR e fornecendo suporte técnico para a elaboração de laudos e investigações criminais.

5. PALAVRAS-CHAVE

Composição Química; Física Forense; Munição Não Tóxica; Permanência em Superfícies; Resíduo de Arma de Fogo.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Ghost Guns e Armas de Fogo Impressas em 3D: A Escalada da Ameaça, o Vácuo Pericial e a Urgência de Respostas Jurídicas

L. N. Assad [a],*, E.M. P. Juniora, [A]. G. Lara[b], R. L. Moura[c], S. W. Lobo[c]

[a] *Laboratório de Inovação e Metrologia - Polícia Científica do Paraná, Curitiba (PR), Brasil*
[b]*Academia de Ciências Forense - Polícia Científica do Paraná, Curitiba (PR), Brasil*
[c] *Instituto de Criminalística, Superintendência da Polícia Técnico Científica, Goiânia (GO), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: lucasnassad@gmail.com Tel.: +55 41 991411184*

Palavras-chave: Inteligência Pericial; Ghost Guns; Impressão 3D; Balística Forense; Segurança Pública.

1. INTRODUÇÃO

A manufatura aditiva, popularmente conhecida como impressão 3D, não é uma tecnologia recente: sua gênese remonta ao ano de 1984, quando o engenheiro norte-americano Chuck Hull desenvolveu a primeira impressora tridimensional [1]. Contudo, foi com a consolidação da Quarta Revolução Industrial no século XXI [2], fundamentada na expansão digital, que essa tecnologia teve custos reduzidos e, consequentemente, foi disseminada. Embora apresente benefícios à sociedade, essa rápida democratização dos meios de produção originou uma grave ameaça à Segurança Pública Global contemporânea: a fabricação caseira bélica.

O marco histórico dessa subversão ocorreu em 2013, quando a organização *Defense Distributed*, liderada por Cody Wilson, projetou e publicou o teste da *Liberator*, a primeira arma de fogo funcional totalmente impressa em plástico do mundo [1]. Esse advento tecnológico impulsionou a proliferação em massa das chamadas *Ghost Guns* (Armas Fantasmas), inseridas no conceito de Armas de Fabricação Privada (PMFs). É necessário ressaltar que o termo *Ghost Gun* abrange qualquer armamento não rastreável e sem numeração de série, podendo englobar desde armas tradicionais com a numeração suprimida (raspada) até armamentos montados artesanalmente a partir de kits de peças metálicas inacabadas [3][4]. Dessa forma, uma premissa técnica deve ser estabelecida: embora nem toda *ghost gun* utilize impressão 3D, todas as armas impressas em 3D são classificadas inerentemente como *ghost guns*.

Apesar dessa grande abrangência do mercado clandestino, este trabalho concentra-se especificamente na subcategoria inaugurada pela Liberator: as armas de fogo impressas em 3D (3DPF - *3D-Printed Firearms*). Tais dispositivos são classificados, atualmente, em modelos totalmente impressos em polímero (do inglês, *Fully 3D Printed* - F3DP); armas híbridas, como a carabina FGC-9, que combinam receptores plásticos robustos com canos e ferrolhos metálicos não rastreáveis, e; as PKC (do inglês, *Part-Kit Completion*) que são kits de montagem provenientes de peças totalmente impressas como acessórios ajustados a arma ou peças de reposição [4][5]. No Brasil, a segurança pública experimenta um cenário desafiador com a inserção da tecnologia 3D: enquanto se observa uma aceleração tática do crime organizado, em que, ao invés da mera importação de fuzis militares prontos, iniciou um processo de "nacionalização" da produção bélica por facções criminosas e grupos paramilitares [6], a perícia carece de pesquisas consolidadas que definem métodos forenses universais e infalíveis para o rastreamento de polímeros balísticos derretidos[1].

Diante da ineficácia investigativa reativa, o objetivo deste resumo expandido é demonstrar o panorama de apreensões no Brasil e evidenciar que a mitigação

dessa ameaça exige inteligência pericial que impacte o mundo jurídico e legislativo[8].

2. A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA E A NACIONALIZAÇÃO DO CRIME

A criação da Liberator em 2013 foi apenas o estopim material. O verdadeiro catalisador da ameaça foi a adoção de filosofia *open-source*, código aberto, e a utilização de ferramentas de navegação anônima na internet, como a *Deep Web* [3]. O compartilhamento global de projetos digitais transformou o conceito da arma de fogo, deixando de ser estritamente um "objeto de aço" submetido ao controle alfandegário de fronteira e convertendo-se em um "fluxo de dados binários" de livre trânsito digital e sem freio estatal [1][3].

Assim, explorando ativamente essas inovações digitais, o crime organizado brasileiro alterou a sua logística de abastecimento [6]. Para burlar as grandes apreensões nas rodovias, o crime passou a importar componentes avulsos não controlados (como molas e pinos). A armação da arma, o receptor, passou então a ser manufaturada internamente por impressoras 3D dentro de residências comuns, barateando drasticamente o custo e o risco logístico do arsenal[6][7].

3. CENÁRIO ATUAL

Nos Estados Unidos, o recolhimento de *ghost guns* saltou de 8.504 unidades em 2020 para 19.273 em 2021, totalizando dezenas de milhares de apreensões e prisões também registradas no Canadá, Reino Unido e Austrália[6]. No cenário nacional, a situação agrava-se pelo fato de o Brasil já ocupar o segundo lugar no ranking mundial de apreensões de armas de fogo em geral. Isolando-se o impacto tecnológico, estudos demonstram que as apreensões anuais de fuzis de assalto — apenas no Estado do Rio de Janeiro — saltaram de uma média de 279 na década passada para o recorde absoluto de 920 fuzis apreendidos em 2025, salto este impulsionado diretamente pela internalização da produção 3D].

3.1. Apreensões em Território Nacional

A teoria do crime digital já se materializou em operações de norte a sul do país, confirmando que a ameaça das 3DPF uma realidade com alta letalidade e capilaridade. A compilação de ocorrências recentes expõe a gravidade do cenário conforme expõe o Quadro 1.

Quadro 1 - Resumo de operações e apreensões envolvendo armas impressas e peças de armas impressas no território nacional [5], [7-16].

OPERAÇÃO	ESTADO	POLÍCIA	APREENSÃO	TIPO DE ARMA
Operação Shadowgun	BA, ES, GO, MG, PA, PB, RJ, RS, RR, SC, SP	Polícia Civil (RJ), MP (Cyber-Gaeco/ MP RJ) e Ciberlab (MJSP)	5 prisões, buscas, peças e manuais/ blueprints 3D.	Arma semiautomática impressa em 3D.
Ação conjunta	SP	Polícia Federal (PF) e Polícia Militar (PM)	Fábrica clandestina com maquinário industrial.	Cerca de 40 fuzis modelo AR-15.
Ação Receita/ PF	RJ	Polícia Federal (PF)	4 impressoras 3D, peças importadas, drone e munições.	Fuzil (em montagem) e espingarda montada.
Combate à fabricação	SP	Polícia Federal (PF)	Maquinário de impressão 3D e peças em fabricação.	Submetralhadora artesanal.
Abordagem a suspeito	MG	Polícia Militar (PM)	2 impressoras 3D, peças, munições e drogas.	Armas feitas com impressão 3D.
Patrulhamento de rotina	RN	Polícia Militar (4º Batalhão da PMRN)	Armamento 3D, 14 munições e drogas (maconha).	Submetralhadora calibre 9mm.
Prisão em flagrante	AC	Policiamento local (DHPP e DEIC)	Arma 3D, 2 carregadores e 7 munições.	Carabina semiautomática 9mm (Modelo FGC-9).
Abordagem em assistência	SC	Polícia Militar (PMSC), Polícia Civil e Perícia (PCISC)	Impressora 3D, artefato de plástico e 4 munições.	Réplica ineficaz de carabina calibre 9mm.
Abordagem/Denúncia	PR	Polícia Militar (RONE)	2 prisões, 9 kg de maconha, revólver e arma 3D.	Submetralhadora impressa em 3D, FGC-9.
Desarticulação de comércio ilegal	GO	Polícia Militar (Rotam)	2 prisões, 4 armas 3D, 11 munições, 2 notebooks e 1 impressora 3D.	Pistola impressa em 3D (calibre .22")

A maioria dos flagrantes não ocorreu em grandes "Operações", mas sim em patrulhamentos de rotina, investigações de outras naturezas, como tráfico de drogas ou agressão ou flagrantes, o que evidencia a extensão da ameaça no cotidiano da segurança pública. A única exceção de grande escala com nome próprio detalhada é a *Operação Shadowgun*, que focou especificamente no fluxo digital e nas vendas de armas impressas.

3.2. Inteligência Pericial

A abordagem exclusivamente reativa mostra-se insuficiente diante da complexidade da manufatura aditiva. A literatura evidencia que a Inteligência Pericial possui acesso a novos métodos de análise química e cibernética capazes de prevenir o dano e rastrear o processo produtivo.

É possível depreender da literatura que a Inteligência e controle de insumos consistem na prevenção primária, o que demandaria a implementação de Centros de Inteligência de Armas de Fogo (CGICs), que servissem como centros de colaboração entre unidades, integrando dados para identificar a "assinatura de oficina" — padrões repetitivos de construção encontrados em armas apreendidas em diferentes estados —, permitindo, assim, que a o sistema de segurança pública localize o maquinário clandestino em vez de focar apenas no portador da arma [17].

Outro ponto a ser observado que é de ação exclusiva pericial é a avaliação acerca das assinaturas químicas, gerando rastreabilidade forense. A premissa de que o plástico é irrastreável está sendo superada pela química forense, sobretudo através de métodos quimiométricos avançados aliados à Espectroscopia FTIR e Raman, permitindo extrair uma "impressão digital química" não destrutiva do polímero anteriormente marcado. Assim, emerge a possibilidade de vincular resíduos derretidos recolhidos em um local de crime diretamente a um rolo de filamento apreendido na casa de um suspeito, contudo não há avanços relevantes na literatura. A saída proposta, por hora, é a comparação de imperfeições microscópicas deixadas pelo bico extrusor nas camadas impressas (*toolmarks*) tem se provado eficaz para ligar a arma fisicamente à impressora específica que a gerou [18].

A última fronteira preventiva atua na origem: o ciberespaço. No Brasil, essa resposta ganha tração com o Projeto de Lei nº 5.582/2025. O texto inova ao criminalizar o compartilhamento do arquivo digital (*blueprint*), dobrando a pena se a intenção for a produção de fuzis [15]. Mais importante ainda, o projeto confere amparo legal para o uso de ferramentas de intrusão remota (*spywares*) e espelhamento de mensagens, permitindo que as forças policiais interceptem o fluxo do projeto CAD antes que a arma seja materializada, novamente apontando para a necessidade de uso dos dados periciais apurados para retroalimentação do sistema de investigação criminal.

4. CONCLUSÕES

A proliferação das armas impressas em 3D subverteu a lógica tradicional do controle bélico, necessitando de um diálogo direto e objetivo com todas as forças de segurança. Torna-se fundamental que os agentes compreendam as peculiaridades desse novo armamento, uma vez que ele possui alta probabilidade de autodestruição após o disparo. Ou seja, sua funcionalidade só poderá ser testada sob a estrita jurisdição do grupo pericial, em ambiente controlado, a fim de preservar a prova e, assim, gerar laudo técnico.

Portanto, a transição para um modelo eficaz de Segurança Pública exige a comunicação integrada entre os grupos de segurança, paralelamente à superação da dependência exclusiva da balística clássica em prol de uma inteligência pericial prospectiva. Ao integrar a rastreabilidade química de polímeros, o confronto de marcas de ferramenta, a criação de bancos de dados centrais de apreensões e a atuação preventiva cibernética autorizada por novos marcos legais — como o PL 5.582/2025 —, o Estado adquire capacidade real de desarticular as fábricas clandestinas instaladas em ambientes domésticos e asfixiar a nova logística do crime organizado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às Polícias Científicas do Paraná e Goiás por cederem conhecimento para o desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] K. Schwab. A quarta revolução industrial, Edipro, Brasil (2016).

[2] V.M. Carrão. A (in)eficácia da regulação estatal da troca de informações e documentos via internet: uma análise acerca da veiculação de blueprints. Monografia de Graduação, Faculdade de Direito, Universidade Federal de Juiz de Fora (2014).

[3] A.B.S. Maschio; E.M. Dourado; R.L.M. Mello. Impressoras 3D e a fabricação ilegal de armas de fogo: difusão e controle de 'armas fantasmas'. Anais

do VIII Congresso de Pesquisa e Iniciação Científica da FAFIPE. 1-15 (2024).

[4] B. Langeani; N. Pollachi. Blind Fire: The Rise of Military-Style Firearms amid Regulatory Failures and Data Deficiency in Brazil. Journal of Illicit Economies and Development 7: 72-89 (2025).

[5] L.E. Dias. Armas fantasmas e os desafios do seu controle e rastreamento. Revista Pedana (2026). Retirado em 16/03/2026, de https://revistapedana.com

[6] R. Uchôa. The Gunpowder Hegemony: The Assault Rifle as a Vector of Sociopolitical and Territorial Transformation in Rio de Janeiro. Small Wars Journal (2026). Retirado em 16/03/2026, de https://smallwarsjournal.com

[7] F. Amato; F. Freire; H. Coelho; J. Monteiro. Armas em impressoras 3D: Operação mira esquema de vendas em 11 estados. G1 Rio (2026). Retirado em 16/03/2026, de https://g1.globo.com

[8] M.A. Martins. Fábrica clandestina de armas é descoberta pela PF no Rio. G1 Rio (2025). Retirado em 16/03/2026, de https://g1.globo.com

[9] B.F. Moura. Polícia Federal prende homem que fabricava armas com impressora 3D. Agência Brasil (2024). Retirado em 16/03/2026, de https://agenciabrasil.ebc.com.br

[10] G1 Minas. Polícia descobre fábrica clandestina de armas feitas com impressão 3D em BH. G1 MG (2024). Retirado em 16/03/2026, de https://g1.globo.com

[11] G1 RN. Submetralhadora feita com impressora 3D é apreendida durante abordagem. G1 RN (2024). Retirado em 16/03/2026, de https://g1.globo.com

[12] Diário Expresso. Justiça solta homem que já usava tornozeleira e foi preso com arma impressa em 3D em Rio Branco. Diário Expresso (2024). Retirado em 16/03/2026, de https://diarioexpresso.com.br

[14] G1 SC. Réplica de carabina feita com impressora 3D apreendida em SC não funciona, diz polícia. G1 SC (2024). Retirado em 16/03/2026, de https://g1.globo.com

[15] C. Vaz. Dois homens são presos em Curitiba com drogas e submetralhadora impressa em 3D. Banda B (2026). Retirado em 06/04/2026, de https://www.bandab.com.br

[16] P. Moura. Criminosos são presos por vender armas fabricadas com impressora 3D em Goiânia. Mais Goiás (2026). Retirado em 07/04/2026, de https://www.maisgoias.com.br

[17] Senado Federal do Brasil. Parecer da Comissão de Constituição, Justiça e Cidadania sobre o Projeto de Lei nº 5.582, de 2025. Senado Federal (2025). Retirado em 16/03/2026, de https://www25.senado.leg.br

[18] A. Aronson; A. Elyashiv; Y. Cohen; S. Wiesner. A novel method for linking between a 3D printer and printed objects using toolmark comparison techniques. Journal of Forensic Sciences 66: 1-10 (2021).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise das forças aerodinâmicas em projéteis e sua aplicação à balística forense: Uma proposta didática para o ensino em sala de aula

D.G. Medeiros [a,*]

[a] *Perícia Forense do Estado do Ceará, Pefoce, Ceará (CE), Brasil*
[*] *deivid.gomes@pefoce.ce.gov.br. Tel.: +55- 21-98652-6834*

Palavras-chave: Balística forense; Dinâmica dos fluidos; Ensino de Física; Aerodinâmica; Ciências Forenses.

1. INTRODUÇÃO

A relação entre Física e Ciências Forenses vem ganhando espaço no ambiente educacional por possibilitar uma abordagem mais contextualizada e aplicada dos conteúdos científicos. Nesse cenário, a balística forense destaca-se como uma ferramenta interdisciplinar capaz de integrar conceitos da mecânica clássica, dinâmica dos fluidos e investigação criminal, aproximando o conhecimento teórico de situações reais presentes no cotidiano e nas tecnologias modernas.

O estudo do movimento de projéteis permite explorar fenômenos físicos relevantes, como resistência do ar, força de arrasto, turbulência, sustentação aerodinâmica, número de Reynolds e coeficiente balístico. Esses conceitos, muitas vezes apresentados de forma excessivamente abstrata no ensino tradicional de Física, tornam-se mais acessíveis quando associados à análise de trajetórias balísticas, reconstrução de disparos e aplicações periciais. A exemplo, na figura 1 observa-se a força Peso "P" que é a força onde o planeta exerce sobre o corpo dentro do campo gravitacional, a força de sustentação "L" (Lift), que é perpendicular à velocidade do corpo "v" e a de arrasto "Far" que se opõem à velocidade do corpo. Portanto, a força aerodinâmica é usualmente, decomposta nas forças de sustentação e de arrasto.

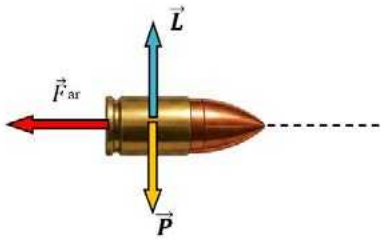


Figura 1. Forças atuando sobre um projétil. P é a força peso, Far é a força de arrasto (força resistiva do ar), oposto à velocidade v e L a força de Sustentação. O ponto D é o centro de pressão coincidindo com o centro de massa.

Além do aspecto científico, a temática forense desperta elevado interesse entre os estudantes por envolver investigação, tecnologia e resolução de problemas, favorecendo maior participação e engajamento durante as aulas. A utilização desses elementos em atividades didáticas contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico, da argumentação científica e da interdisciplinaridade entre diferentes áreas do conhecimento.

Dessa forma, este trabalho propõe uma abordagem didática da balística forense aplicada ao ensino de Física, utilizando os princípios aerodinâmicos envolvidos no movimento de projéteis como estratégia pedagógica para contextualização dos conteúdos de dinâmica e fluidos em sala de aula.

2. OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo apresentar uma proposta didática voltada ao ensino de conceitos

de dinâmica dos fluidos e balística forense em sala de aula, utilizando aplicações aerodinâmicas em projéteis como estratégia interdisciplinar para o ensino de Física. E os alunos compreenderão os fatores que influenciam as forças como: a velocidade do projétil, a forma e a massa do projétil, a densidade do ar (altitude, temperatura e umidade), número de Reynolds (Re), ângulo de ataque e rotação do projétil.

3. METODOLOGIA

A pesquisa possui caráter qualitativo e descritivo, fundamentada em revisão bibliográfica sobre dinâmica dos fluidos, balística forense e metodologias de ensino contextualizado. Foram analisadas obras de Física clássica, livros de balística e artigos científicos relacionados à aerodinâmica aplicada a projéteis.

A proposta didática foi estruturada para aplicação no Ensino Médio e em disciplinas introdutórias do Ensino Superior, utilizando linguagem acessível e recursos visuais. O conteúdo pode ser desenvolvido por meio de aulas expositivas dialogadas, análise de imagens, vídeos de experimentos, simulações computacionais e construção de modelos simples de projéteis.

Durante a abordagem, os estudantes podem discutir fatores que influenciam o movimento de projéteis, como formato do corpo, velocidade, viscosidade, resistência do ar e rotação. Também podem ser exploradas aplicações periciais relacionadas à reconstrução de trajetórias e análise de disparos.

3.1 Força de Sustentação

A força de sustentação ou sustentação dinâmica é uma força aplicada perpendicularmente, à corrente e surge quando há uma diferença de velocidade entre um corpo e um fluido, ou melhor, é gerada quando um fluido corre por um corpo curvo, ocasionando uma diferença de pressão. Na balística, esse fenômeno torna-se particularmente relevante em projéteis que apresentam rotação em torno do próprio eixo, característica produzida pelas raias helicoidais existentes no interior do cano da arma de fogo. Essa rotação promove estabilidade giroscópica, mas também pode gerar efeitos aerodinâmicos associados ao chamado efeito Magnus.

O efeito Magnus ocorre quando um corpo em rotação se desloca através de um fluido, produzindo uma diferença de pressão entre os lados opostos do projétil. Como consequência, surge uma força perpendicular à direção do movimento, capaz de provocar pequenas alterações na trajetória do disparo. Esse fenômeno foi estudado por Lord Rayleigh no final do século XIX ao analisar o comportamento de cilindros em rotação submetidos ao escoamento de fluidos.

Uma explicação baseada do esquema está evidenciada na figura 2. Em (a), observa-se o cilindro em repouso e notam-se as linhas de escoamento laminar do fluido com velocidade v0. Em (b) percebe-se o cilindro em rotação, gerando as linhas de correntes indicadas. Em (c) há a superposição de (a) com (b), mostrando a distorção das linhas de corrente devido à rotação do cilindro.



Figura 2. Esquema para explicar o efeito Magnus

De acordo com o teorema de Bernoulli, regiões de maior velocidade apresentam menor pressão, originando uma força resultante perpendicular à trajetória.

A equação de Bernoulli, aplicada ao escoamento incompressível, pode ser representada pela soma entre pressão, energia cinética e energia potencial gravitacional do fluido ao longo de uma linha de corrente como mostrado na Eq. 1.

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + p + \rho g h = c \quad (1)$$

onde p representa a pressão do fluido, ρ sua densidade, v a velocidade do escoamento, g a aceleração gravitacional e h a altura em relação ao referencial adotado.

Usando a equação (1), nota-se que há uma diferença de pressão - gerando a força de sustentação observada, experimentalmente, mais conhecida de reescrever esta equação de um corpo imerso no ar está representada na Eq. 2.

$$L = \frac{C_L \cdot \rho \cdot A \cdot v^2}{2} \quad (2)$$

Onde, L é a força de sustentação produzida (“L” vem de Lift, em inglês), v é a velocidade do vento relativo,ρ é a densidade do ar, A é a área da seção transversal e é o chamado coeficiente de sustentação.

Embora a força de sustentação em projéteis geralmente seja pequena quando comparada à força de arrasto e ao peso, sua influência pode tornar-se significativa em disparos de longa distância, contribuindo para desvios laterais e alterações na estabilidade aerodinâmica.

3.2 Número de Reynolds

É um número adimensional e representa a proporção entre determinadas forças, que agem num fluido. Sendo elas a força viscosa (força

relacionada à viscosidade) e a força inercial (força relacionada à velocidade).

Para encontrar o número de Reynolds precisamos fazer a razão entre as forças de inércia e de viscosidade, de acordo com a Eq. 3.

$$R = \frac{Inércia}{Viscosidade} = \frac{v.d}{n} \quad (3)$$

Assim, desprezando as forças gravitacionais para um corpo movendo-se por meio de um fluido de diâmetro d, deslocando-se com velocidade v, onde n é chamado de coeficiente de viscosidade dinâmica. O número de Reynolds pode ser usado para caracterizar qualquer escoamento. Quando ele é menor, a viscosidade domina e o fluxo tende ao regime laminar; quando cresce, a inércia supera a viscosidade e aparecem turbulência, desprendimento da camada limite e esteiras de vórtices atrás do corpo. Essa passagem é importante porque a turbulência aumenta o arrasto e interfere na regularidade do movimento, sobretudo em corpos pouco aerodinâmicos. A tabela 1, mostra o regime de escoamento em torno de um projétil.

Tabela 1. Relação entre regime de escoamento e comportamento aerodinâmico.

Regime	Número de Reynolds	Características
Laminar	Baixo (Re < 2000)	Fluxo estável e menor turbulência
Transição	Intermediário (2000 < Re < 4000)	Início de formação de vórtices
Turbulento	Elevado (Re > 4000)	Maior arrasto e instabilidade

3.3 Força de Arrasto

Na física o arrasto é uma perturbação que torna uma resistência, esta força de resistência do fluido é aplicada na direção da velocidade de movimento do objeto, e é conhecida como força de arrasto. Ela possui sentido oposto e mesma direção da velocidade do objeto.

Em baixas velocidades, ela pode crescer de modo aproximadamente linear; em regimes mais elevados, torna-se predominantemente quadrática e passa a depender fortemente do formato do corpo, da sua área frontal e das propriedades do fluido. Essa diferença é relevante porque projéteis, fragmentos e partículas presentes em locais de crime não se comportam da mesma forma quando se deslocam no ar.

Experimentalmente, o módulo da força de arrasto, na Eq. 4, é proporcional à densidade do fluido, a área de secção transversal e ao quadrado da velocidade e é dado por:

$$F_A = \frac{1}{2} C_A \rho A v^2 \quad (4)$$

onde Ca é o coeficiente de arrasto,ρ é a densidade do fluido, A é área da secção tranversal do objeto e v a velocidade do objeto.

Na balística, o arrasto tem um papel muito importante, pois pode alterar o alcance de um projétil, o tem de voo, a energia cinética, a precisão e a estabilidade. Esses projéteis sofrem desaceleração contínua devido à resistência do ar.

3.3 Coeficiente de Arrasto

O coeficiente de arrasto (CA) é uma medida adimensional de resistência, que um objeto sofre ao se deslocar em um fluido, onde seu valor depende da geometria do corpo, da densidade do fluido e da velocidade. Corpos mais alongados e com superfície frontal menor tendem a oferecer menor arrasto, o que favorece maior alcance e melhor preservação de energia, enquanto nos corpos onde possuem uma área de contato com o fluido maior, maior será este arrasto e com isso será mais turbulento, conforme a figura 3.



Figura 3. Mostra o deslocamento de três corpos com formatos diferentes no ar.

O arrasto é tão maior quanto maior for a turbulência gerada atrás do corpo

Essa diferença é importante em exames comparativos, pois auxilia a explicar comportamentos distintos entre munições aparentemente semelhantes.

3.5 Coeficiente Balístico

O coeficiente balístico representa a "facilidade" com que o projétil atravessa o ar, durante a sua trajetória, ou seja, é a capacidade do projétil manter a sua energia cinética por mais tempo. O coeficiente balístico (CB) é representado pela fórmula abaixo, na Eq. 5:

$$C_B = \frac{m}{C_A.A} \quad (5)$$

Onde:

CA = Coeficiente de arrasto;

A = Área de secção transversal do corpo (m^2);

m = massa do corpo (kg).

Quanto maior esse valor, mais eficiente será, ou seja, menor desaceleração, menor influência do vento, trajetória mais estável, um alcance maior. Já um baixo coeficiente balístico, faz o projétil perder a velocida-

de rapidamente sofrendo maior ação do arrasto, maior desvio e assim tendo um alcance menor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da revisão indicam que a utilização da balística forense como ferramenta pedagógica favorece a contextualização dos conteúdos de Física, aproximando conceitos teóricos da realidade cotidiana dos estudantes.

A força de arrasto mostrou-se um dos principais tópicos para aplicação didática, permitindo discutir a influência da velocidade e do formato dos corpos sobre o movimento em fluidos. A análise do número de Reynolds possibilita introduzir os conceitos de escoamento laminar e turbulento de forma visual e aplicada.

Outro aspecto relevante é o estudo do efeito Magnus em projéteis e objetos esportivos, permitindo comparações entre balística e esportes, como futebol e beisebol. Essa interdisciplinaridade amplia as possibilidades de abordagem em sala de aula e contribui para o desenvolvimento do pensamento científico.

Observou-se ainda que a aplicação de temas forenses desperta elevado interesse entre os estudantes, favorecendo participação ativa, formulação de hipóteses e desenvolvimento da argumentação científica. A utilização de exemplos relacionados à perícia criminal também auxilia na compreensão da importância social da ciência e da investigação técnica.

Vale também mencionar sobre a leitura do rastro deixado pelo projétil no espaço e dos efeitos secundários gerados pelo disparo. Em determinadas situações, a interação entre gases, fragmentos e material biológico pode formar estruturas de dispersão compatíveis com escoamentos turbulentos. Embora a análise dessas estruturas exija cuidado metodológico, o conhecimento de fluidos ajuda a interpretar padrões observados em exames de sangue e resíduos de disparo, ampliando a consistência técnico-científica do laudo.

Dessa forma, a balística forense deixa de ser apenas uma aplicação da mecânica newtoniana e passa a dialogar com a dinâmica dos fluidos. Essa aproximação oferece ao perito uma visão mais completa da cena, favorecendo a reconstrução de posições relativas, a avaliação de possíveis barreiras intermediárias e a compreensão dos efeitos de rotação e turbulência sobre o comportamento do projétil.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que a balística forense pode ser utilizada como importante ferramenta de contextualização no ensino de Física, especialmente no estudo das forças aerodinâmicas e da dinâmica dos fluidos.

A abordagem proposta favorece a interdisciplinaridade entre Física, Ciências Forenses e tecnologia, promovendo maior interesse dos estudantes e contribuindo para uma aprendizagem mais significativa.

Além de auxiliar na compreensão de conceitos científicos, a aplicação didática da balística forense possibilita discutir investigação criminal, método científico e aplicações sociais da ciência, aproximando o conteúdo escolar da realidade dos alunos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] D. Tocchetto. Balística Forense: aspectos técnicos e jurídicos. Millennium Editora, Campinas (2016).

[2] H. M. Nussenzveig. Curso de Física Básica 2: Fluidos, oscilações e ondas. Blucher, São Paulo (2014).

[3] R. P. Feynman; R. B. Leighton; M. Sands. The Feynman Lectures on Physics. Bookman, Porto Alegre (2008).

[4] L. G. R. Mariz. Balística. Brasília, DF (2022).

[5] J. B. Silvino Junior. Balística aplicada aos locais de crime. Millennium Editora, Campinas (2021).

[6] C. E. Aguiar; G. Rubini. A aerodinâmica da bola de futebol. Revista Brasileira de Ensino de Física 26: 297-306 (2004).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Relato sobre as primeiras contribuições do Sistema Nacional de Análise Balística para a Polícia Científica do estado do Amazonas

A. A.Pereira[a,*], F.R. Albuquerque[a], J.S. Braga[a], U.G. Neiss[a], J.M. Holanda[a], J.M. Rocha Júnior[a]

[a]*Instituto de Criminalística Lorena dos Santos Baptista, Departamento de Polícia Técnico-Científica do Amazonas, Manaus (AM), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: ale.alves.pereira@gmail.com.br. Tel.: +55-92-3667-7543.*

Palavras-chave: Arma de fogo, Banco Nacional de Perfis Balísticos, Comparação balística, Local de crime, SINAB.

1. INTRODUÇÃO

A balística pode ser definida como o estudo das armas de fogo, de suas munições e dos efeitos produzidos por disparos, e encontra aplicação forense sempre que esses tópicos tiverem relação direta ou indireta com infrações penais [1]. Os exames periciais realizados pela balística forense muitas vezes revelam as provas mais contundentes no processo judicial, com valor especial quando auxiliam na condenação ou na absolvição de acusados [1].

Uma informação essencial gerada pelos exames periciais de balística forense é a identificação de armas de fogo relacionadas com crimes. O procedimento de identificação pode ser direto ou indireto [1]. Na identificação direta, ou imediata, a própria arma de fogo é examinada visando determinar o fabricante, modelo, número de série e outras características específicas da arma. Por outro lado, na identificação indireta, ou mediata, são avaliadas as deformações impressas pela arma de fogo (deformações normais) em seus elementos de munição (estojos e projéteis). Essas deformações normais podem ser macroscópicas ou microscópicas. Os ressaltos e cavados em projéteis e o formato das marcas de percussão em estojos são exemplos de deformações macroscópicas. As deformações resultantes de irregularidades diminutas da superfície interna da alma do cano, pino percutor, superfície da culatra, ou outras partes da arma de fogo, são exemplos de deformações microscópicas. O que fundamenta a identificação indireta é a comparação das características das deformações impressas em elementos de munição questionados – oriundos dos locais de crime ou retirados de cadáveres – com elementos padrões obtidos, por exemplo, a partir do exame pericial em armas de fogo apreendidas. Caso os elementos examinados apresentem deformações normais compatíveis, pode-se afirmar que o elemento questionado foi proveniente da mesma arma de fogo do elemento padrão. Além disso, por meio do estudo comparativo das deformações normais é possível demonstrar que diferentes elementos de munição foram percutidos ou deflagrados de uma mesma arma de fogo – mesmo que esta ainda não tenha sido encontrada.

Os exames comparativos são provavelmente os mais importantes, difíceis e demorados numa perícia de balística forense [1]. A comparação das deformações em estojos e projéteis é tradicionalmente realizada com o auxílio de microscópios de comparação balística. Estes equipamentos são ótimos para o exame aos pares de elementos de munição, mas possuem utilidade limitada para a comparação de enormes quantidades de materiais provenientes de diferentes locais de crime distribuídos no espaço e no tempo.

Grandes avanços nos exames de comparação balística começaram a surgir a partir do final do século XX, quando os primeiros bancos de dados eletrônicos e programas de computadores para auxiliar na identificação de projéteis e estojos foram desenvolvidos no Estados Unidos [2]. Nesse sentido, um grupo de trabalho de balística forense sugeriu no fim de 2004 o desenvolvimento de um sistema brasileiro de identificação balística, baseado em equipamentos informa-

tizados e que permitisse o exame comparativo com base em imagens digitalizadas [1]. Assim, abriu-se caminho para a estruturação e implementação do Sistema Nacional de Análise Balística (SINAB), criado em 2021 pelo Decreto nº 10.711 [3]. Atualmente o sistema é composto por 40 Centrais SINAB, que são laboratórios de balística forense dos órgãos de perícia oficial estaduais, distrital e federal. Estas centrais estão interligadas em rede pelo Banco Nacional de Perfis Balísticos (BNPB), sob responsabilidade do Ministério da Justiça e Segurança Pública (MJSP) [4]. Até o primeiro semestre de 2026, mais de 133.400 elementos de munição já haviam sido inseridos no BNPB, as quais fundamentaram 9.300 ligações confirmadas entre um elemento padrão e um questionado, ou entre elementos questionados em todo o Brasil [4].

O Setor de Balística Forense do Instituto de Criminalística Lorena dos Santos Baptista (IC-LSB) do Departamento de Polícia Técnico-Científica do Amazonas (DPTC-AM) passou a integrar o SINAB apenas a partir do final de 2023 [5]. Apesar disso, e considerando o número limitado de peritos disponíveis para as atividades do SINAB, até o primeiro semestre de 2026 já haviam sido inseridos 2171 elementos de munição na partição do estado do Amazonas no BNPB. Tal esforço havia possibilitado, no mesmo período, a identificação de 76 armas de fogo ligadas a crimes [4].

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo discutir as principais contribuições da implementação do SINAB para o Setor de Balística Forense do IC-LSB, DPTC-AM, com base no relato de uma das primeiras ligações encontradas no estado do Amazonas. A análise dos dados da partição estadual do BNPB permitiu a identificação de concordâncias entre estojos e projéteis padrão com estojos e projéteis questionados provenientes de dois locais de homicídio diferentes. Além disso, para um desses locais de homicídio foi possível a identificação de concordâncias com elementos de munição questionados provenientes de um outro local de homicídio cometido no mesmo dia. Tais resultados demonstram a importância da utilização de sistemas informatizados e bancos de dados locais e nacionais para a valorização do trabalho desenvolvido no Setor de Balística Forense do IC-LSB e pelos peritos do DPTC-AM como um todo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos referentes à elegibilidade, triagem, confronto prévio, inserção de perfis balísticos, análise e reporte de resultados de coincidências no BNPB, são realizados conforme o Manual de Procedimentos do SINAB, aprovado pela Resolução nº 06 de 03 de fevereiro de 2025 do Comitê Gestor do SINAB (Decreto nº 10.711, de 02 de junho de 2021).

2.1. Triagem do material e inserção de perfis no BNPB

O material questionado, oriundo de local de crime ou extraído de cadáveres de vítimas, elegíveis para inserção no BNPB foi triado, caracterizado, higienizado e desamassado. Esse material foi comparado previamente entre si, dentro de cada caso, para identificar se foram provenientes de uma mesma arma de fogo e para definir as peças mais representativas (com melhores deformações microscópicas) de cada perfil balístico identificado, os quais foram inseridos no sistema.

As armas elegíveis para cadastro no BNPB, foram carregadas com munições adequadas e delas foram obtidos os projéteis e estojos padrões, utilizando como meio de coleta um tanque em meio líquido. Dentre os padrões de cada arma de fogo, foram escolhidos aqueles que possuíam as melhores deformações microscópicas, os quais também foram inseridos no BNPB.

As peças selecionadas dos elementos questionados e padrões foram inseridas no BNPB com auxílio do Sistema de Identificação Balística IBIS TRAX-HD3DTM. Após a criação dos perfis balísticos e aquisição de imagens, o sistema realizou a comparação destes com os demais perfis balísticos cadastrados previamente nas bases de dados estadual e nacional existentes no BNPB, retornando uma lista de possíveis candidatos à correlação positiva. Após isso, foi realizada a confirmação ou exclusão da concordância por meio da realização do exame de microcomparação balística entre as peças físicas referentes aos perfis balísticos examinados com o auxílio do microscópio comparador Leica ® modelo FS M.

2.2. Determinação de concordâncias

As análises de projéteis, camisas de revestimento ou seus fragmentos tiveram resultado positivo quando os elementos comparados apresentaram calibres nominais compatíveis e foram constatadas conclusivas semelhanças entre seus elementos técnicos identificadores (número, largura e orientação das raias e semelhanças nas deformações normais) em quantidade e valor sinalético suficientes para apresentar afirmativas categóricas quanto a comparação, permitindo afirmar que as marcas visualizadas foram produzidas pelo mesmo cano de arma de fogo.

As análises de estojos tiveram resultado positivo quando os elementos comparados apresentaram calibres nominais compatíveis e foram verificadas con-

clusivas semelhanças entre as marcas de percussão, culatra e/ou demais marcas concordantes, permitindo afirmar que tais marcas foram produzidas pelas respectivas peças (percutor, culatra e demais partes metálicas) de uma mesma arma de fogo.

Da análise desses elementos, o resultado negativo ocorreu quando foram constatadas divergências entre os elementos identificadores, e o confronto inconclusivo aconteceu quando não foram constatadas divergências, mas também não foram encontradas concordâncias significativas entre esses elementos identificadores.

Quando as concordâncias de perfis balísticos ocorreram entre elementos de munição questionados provenientes de diferentes casos, resultando em uma ligação entre casos (*link hit*), ficou evidenciado que uma mesma arma de fogo foi utilizada em diferentes ocorrências. Quando a concordância ocorreu entre elementos de munição questionados e elementos de munição padrões, resultando em uma ligação à arma (*identification hit*), ficou evidenciado que o elemento questionado foi originado da mesma arma de fogo que produziu os padrões, identificando assim a arma de origem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os exames de comparação balística utilizaram elementos de munição padrões obtidos a partir de uma pistola Taurus, modelo PT58 HC PLUS, de calibre nominal .380 ACP (arma "A"), apreendida em um local de homicídio na data de 30/05/2025 na cidade de Manaus-AM. A análise de possíveis correlações detectadas com o sistema IBIS TRAX-HD3DTM, permitiu a identificação de microdeformações concordantes (identification hits) entre os elementos de munição padrão da arma "A" e elementos provenientes de dois locais de homicídio (locais de homicídio 1 e 3) diferentes ocorridos em 25/05/2025 e 30/05/2025, respectivamente, na cidade de Manaus-AM (Tab. 1, Tab. 2 e Anexo 1). Portanto, pode-se concluir que parte dos elementos de munição encontrados no local de homicídio 1 e os projéteis retirados do cadáver da vítima do local de homicídio 3 foram percutidos e deflagrados da arma de fogo "A" apreendida.

No local de crime 1 também foram recolhidos e examinados elementos de munição percutidos e deflagrados por uma arma de fogo compatível com o calibre 9 mm (arma 1) e por uma arma de fogo compatível com o calibre 5,56x45 mm (arma 2), sem prejuízo de outras armas que possam ter sido utilizadas neste local. Esses elementos de munição questionados não apresentaram concordância com outros elementos de munição padrão, tendo sido deflagrados de armas desconhecidas. Entretanto, estes elementos de munição apresentaram microdeformações concordantes com aquelas visualizadas em estojos provenientes do local de homicídio 2 (*link hits*), cometido na mesma data (25/05/2025) do homicídio 1.

Ainda no local de homicídio 2, foram recolhidos estojos compatíveis com o calibre .380 Auto, sugerindo que ao menos mais uma arma de fogo (arma 4) foi utilizada neste local. Esses elementos de munição questionados não apresentaram concordância com outros elementos de munição padrão, tendo sido deflagrados de uma arma desconhecida. Por fim, neste local, também foi coletado um projétil compatível com o calibre 9 mm, mas que apresentava muitas deformações acidentais, impossibilitando sua inserção no BNPB e exames de microcomparação balística. Portanto, no local de homicídio 2, foram utilizadas as armas 1, 2 e 3 (todas não apreendidas), sem prejuízo de outras armas que possam ter sido utilizadas.

As concordâncias nos padrões de microdeformações encontradas entre estojos e projéteis descritas neste trabalho estão sumarizadas na Tab. 1 e na Tab.2, respectivamente.

Dois exemplos de imagens que ilustram parte das concordâncias descritas neste trabalho podem ser visualizados na Fig.1 e na Fig. 2. Um resumo esquemático dos elementos de munição examinados provenientes de diferentes locais de homicídio e da rede de concordâncias que foi identificada após a inserção de elementos representativos de cada caso no BNPB está ilustrado no Anexo 1.

Com este relato fica evidente a contribuição dos exames periciais com o auxílio do SINAB para a constatação da utilização de diferentes armas de fogo em locais de crime distintos. Entretanto, a análise dos impactos concretos das constatações descritas neste trabalho para as investigações subsequentes ao registro dos boletins de ocorrência e instauração de inquéritos policiais foi prejudicada por vários fatores relacionados à realidade local do Estado do Amazonas. Alguns dos fatores que podemos citar incluem: a ausência de integração de sistemas de registro de ocorrência, elaboração de laudos e da sua utilização em processos judiciais; falta de equipes de investigação dedicadas à avaliação das informações apresentadas nos laudos periciais que descrevem os *hits* encontrados com o auxílio do SINAB e que foram encaminhados às delegacias; o número reduzido de peritos dedicados ao gerenciamento e manutenção da partição do BNPB do Estado do Amazonas, dentre outros. Em consulta aos procedimentos policiais

disponíveis no Sistema Nacional de Informações de Segurança Pública (Sinesp) pudemos constatar que a investigação de um dos homicídios resultou na prisão de um indivíduo. Entretanto, não conseguimos identificar a situação atual deste indivíduo e nem informações sobre o processo judicial, não sendo possível afirmar se a investigação concluiu que este indivíduo esteve envolvido de alguma forma com todos crimes nos quais foram coletados os vestígios de munição analisados em nosso trabalho.

Tabela 1. Informações sobre os resultados positivos dos exames de comparação balística entre estojos.

Comparação	Perfil balístico / Procedência Calibre nominal / Tipo de percutor	Perfil balístico / Procedência Calibre nominal / Tipo de percutor	Tipo de ligação
1	EPA1 (AM**.******) / Estojo padrão .380 ACP / Circular	EQ03 (AM**.******) / Local de homicídio 1 .380 Auto / Circular	*Identification hit*
2	EQ01 (AM**.******) / Local de homicídio 2 9 mm / Elíptico	EQ01 (AM**.*****) / Local de homicídio 1 9 mm / Elíptico	*Link hit*
3	EQ16 (AM**.******) / Local de homicídio 2 5,56x45 mm / Circular	EQ05 (AM**.******) / Local de homicídio 1 5,56x45 mm / Circular	*Link hit*

Tabela 2. Informações sobre o resultado positivo dos exames de comparação balística entre projéteis.

Comparação	Perfil balístico / Procedência Calibre nominal / Tipo de raiamento	Perfil balístico / Procedência Calibre nominal / Tipo de raiamento	Tipo de ligação
1	PQ03 (AM**.******) / Local de homicídio 3 .380 ACP / 6D convencional	PPA1 (AM**.******) / Projétil padrão .380 ACP / 6D convencional	*Identification hit*

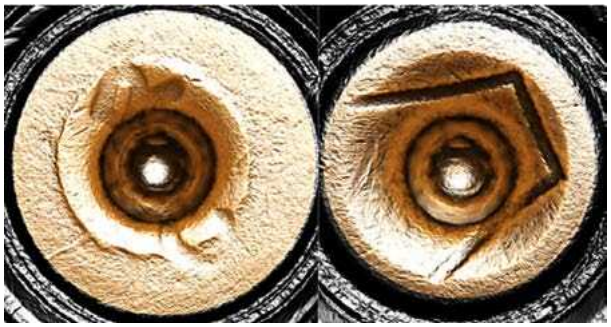


Figura 1. Concordância das microdeformações encontradas no Sistema IBIS Trax-HD3DTM, entre os perfis balísticos dos estojos EPA1 (AM**.******) e EQ03 (AM**.******) (*identification hit*).

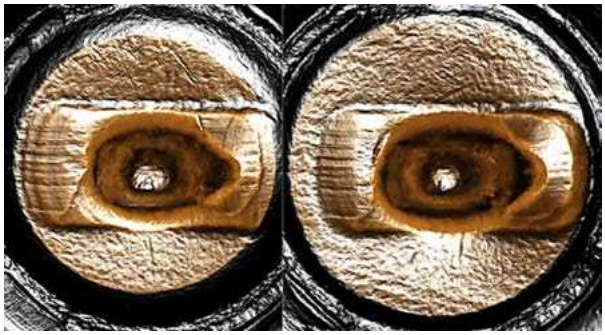


Figura 2. Concordância das microdeformações encontradas no Sistema IBIS Trax-HD3DTM, entre os perfis balísticos dos estojos EQ01 (AM**.******) e EQ01 (AM**.******) (*link hit*) .

4. CONCLUSÕES

Este relato sobre a identificação indireta de uma arma de fogo utilizada em dois locais de homicídio, e as evidências do uso de pelo menos mais três armas de fogo desconhecidas em outro local de homicídio demonstram a importância da integração do Departamento de Polícia Técnico-Científica do Amazonas (DPTC-AM) ao SINAB. Os exames relatados foram realizados em junho de 2025 e estiveram entre as primeiras contribuições realizadas pelo DPTC-AM com base no SINAB. Até o primeiro semestre de 2026, um total de 2171 elementos de munição haviam sido inseridos no BNPB pelo DPTC-AM, os quais possibilitaram 285 ligações entre locais de crimes, e a identificação indireta de 76 armas de fogo. Devido a integração do BNPB entre as Centrais SINAB de todo o país, pode-se contribuir igualmente com investigações interestaduais e interinstitucionais. No entanto, ressaltamos que é essencial a continuidade dos investimentos em infraestrutura e em recursos humanos.

Embora não foi possível coletar informações mais detalhadas sobre as consequências práticas dos resultados aqui descritos para o decurso das investigações dos crimes relacionadas e os seus desdobramentos em persecuções penais, a utilização dessa tecnologia

moderna tem o potencial de contribuir imensamente com a apuração de crimes cometidos com armas de fogo no Estado do Amazonas. Com a implementação do BNPB e do SINAB a Segurança Pública estadual está frente a uma grande oportunidade de incremento na qualidade dos serviços oferecidos. Para tanto, é essencial a adoção de novas estratégias, tais como o aumento do efetivo de peritos criminais, a criação de equipes de investigação dedicadas à análise dos resultados obtidos, e a maior integração entre equipes da perícia e de investigação. Estes são exemplos de estratégias necessárias e que certamente seriam meios para o pleno aproveitamento da estrutura disponível e a para a efetiva realização do potencial do SINAB.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos demais peritos criminais, servidores técnicos e estagiários que trabalham no Setor de Balística Forense do Instituto de Criminalística Lorena dos Santos Baptista, Departamento de Polícia Técnico-Científica do Amazonas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] D. Tocchetto. Balística forense: aspectos técnicos e jurídicos, Millennium Editora, Brasil (2021) 16-32, 187-227, 399-424.

[2] J.E. Hamby. Firearms Examiner Training – Module 02: History. Date Created: July 6, 2023. Retirado em 20/04/2026, de https://nij.ojp.gov/nij-hosted-online-training-courses/firearms-examiner-training/module-02

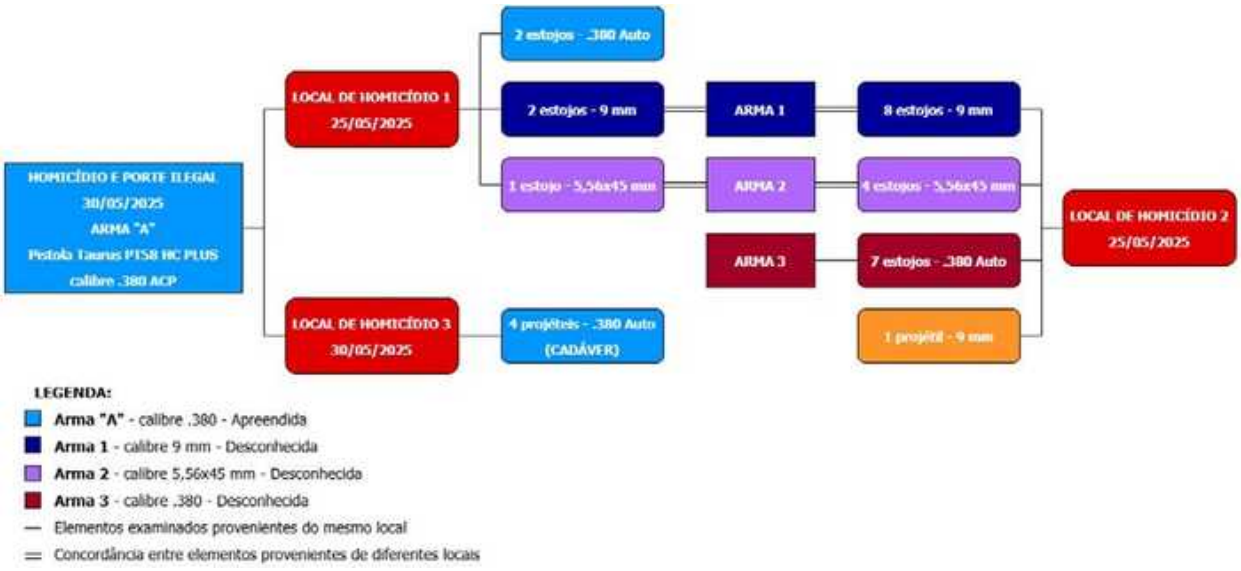
[3] BRASIL. Decreto nº 10.711, de 2 de junho de 2021. Institui o Banco Nacional de Perfis Balísticos, o Sistema Nacional de Análise Balística e o Comitê Gestor do Sistema Nacional de Análise Balística. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2021.

[4] Sistema Nacional de Análise Balística – SINAB. Retirado em 01/08/2026, de https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/sinab

[5] Modernização: O Amazonas passará a integrar o Sistema Nacional de Análise Balística (SINAB). Retirado em 20/04/2026, de https://www.ssp.am.gov.br/modernizacao-o-amazonas-passara-a-integrar-o-sistema-nacional-de-analise-balistica-sinab/

ANEXO

Anexo 1 (na próxima lauda) – Diagrama ilustrativo dos elementos de munição examinados e a rede de concordâncias que foi identificada após a inserção de elementos representativos de cada caso no BNPB. As linhas simples conectam os elementos provenientes de cada caso, enquanto as linhas duplas conectam os elementos de diferentes locais de homicídio com microdeformações concordantes entre si. Cores iguais representam elementos de munição que foram percutidos ou deflagrados pela mesma arma de fogo. O projétil coleta no local de homicídio 2 apresentava deformações acidentais que o tornou inapropriado para exames de microcomparação balística.



2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise temporal da integridade dos microelementos identificadores de projéteis de arma de fogo após imersão em sangue suíno

S.V. S. Rotta [a,*], L.H.S. Rotta[a], D.F. Garcia[b]

[a]*Polícia Científica do Paraná, Unidade de Execução Técnico Científica de Maringá, Maringá (PR), Brasil*
[b]*Universidade Estadual do Paraná - UNESPAR, Paranavaí (PR), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: simone.santana@policiacientifica.pr.gov.br. Tel.: +55-44-3137-1042.*

Palavras-chave: exame pericial de confronto balístico; sangue; degradação de projéteis de arma de fogo; microelementos balísticos.

1. INTRODUÇÃO

Apesar da redução nos índices de violência letal observados no Brasil a partir de 2018, a arma de fogo permanece como vetor preponderante de mortalidade. Dados recentes indicam que esse instrumento foi utilizado em 73,8% das mortes violentas intencionais registradas no país [1].

A elevada prevalência de armas de fogo como instrumentos em crimes de homicídio ratifica a relevância da perícia criminal na produção de evidências materiais. Nesse contexto, a Balística Forense desempenha um papel fundamental que abrange desde a identificação técnica e testes de eficiência dos dispositivos até a microcomparação balística, técnica essencial para estabelecer o nexo causal entre os vestígios coletados no local do crime e a arma de fogo suspeita [2].

O exame pericial de microcomparação balística permite que um elemento de munição relacionado a um crime (projétil ou estojo) seja comparado ao elemento padrão de uma arma de fogo suspeita, por meio de características microscópicas convergentes, principalmente dos microestriamentos gravados na superfície do projétil durante sua passagem por um cano raiado de arma de fogo ou das características e microestriamentos causados na percussão da espoleta do estojo [2]. A maioria das características individuais de marcas encontradas em um projétil são decorrentes do processo de fabricação do cano da arma [3].

O referido exame de microcomparação balística consiste em comparar elementos de munição (projéteis e estojos) entre si, considerando suas características gerais e específicas, inicialmente por meio de inspeção visual e em seguida em microcomparador óptico ou virtual, buscando identificar as deformações normais características de cada arma que são impressas de forma única e identificável em seus elementos de munição, com o propósito de verificar se os elementos de munição são oriundos de uma mesma arma [4].

Entretanto, existem fatores externos que podem interferir na viabilidade de realização de exame de confronto balístico, como por exemplo, a deposição de elementos como materiais corrosivos, sangue, gesso, tinta, terra, entre outros. Tais elementos podem dificultar ou impedir o acesso do perito aos microelementos balísticos, prejudicando o resultado do exame pericial [5].

Os vestígios balísticos coletados em exames de locais de crime ou exames de necropsia por muitas vezes são acondicionados com sujidades por um extenso período de tempo até serem examinados, em consequência da demanda elevada de crimes cometidos com utilização de armas de fogo. Essas sujidades, como por exemplo o sangue, pode causar a oxidação/deterioração da superfície metálica de estojos e projéteis de armas de fogo, e em consequência, dos microestriamentos necessários para o exame de confronto balístico [6].

Dessa forma, a análise das interferências de vestígios de sangue por exemplo, torna-se necessária a fim de propiciar embasamento para o condicionamento e limpeza adequados dos vestígios balísticos.

2. OBJETIVO

O presente estudo objetiva analisar a influência do sangue na degradação de vestígios balísticos ao longo do tempo, pelo período de 24 semanas, utilizando a comparação balística para avaliar alterações nos microestriamentos em diferentes intervalos de exposição.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta dos projéteis padrão foi realizada de acordo com os procedimentos definidos no POP (Procedimento Operacional Padrão) n° 1.2 - Balística Forense (Versão 1.7 - publicado em outubro de 2022) da Secretaria de Estado da Segurança Pública e Polícia Científica do Paraná [7]. Foram coletados 50 (cinquenta) projéteis padrão de pistola marca TAURUS, modelo G2C, calibre nominal 9 mm Luger (9x19), cano de 83 milímetros de comprimento, apresentando internamente 6 raias convencionais de orientação dextrógira. Foram utilizadas munições 9 mm Luger - não tóxicas (NTA), marca CBC e com projétil encamisado total ogival. Os projéteis em questão foram denominados de PQ01 a PQ50 (PQ = Projétil Questionado). O escopo do presente trabalho envolve os projéteis PQ01 a PQ38. Para o controle do experimento, selecionaram-se dois projéteis (amostras 'branco') que não foram imersos em sangue. Optou-se pela análise dos cavados, uma vez que por serem gerados a partir de contato com os cheios do raiamento do cano, é a região que possui maior quantidade de microelementos balísticos [3]. Foi escolhido 1 cavado de referência, em que se realizou uma marcação identificadora.

Foi utilizado sangue suíno obtido de abatedouro seguindo as recomendações do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) [8]. Após a coleta do sangue suíno, os projéteis foram submersos nesse material por um período de 24 horas. Decorrido esse tempo, os projéteis foram retirados, secos em temperatura ambiente e, posteriormente, acondicionados em embalagens plásticas transparentes, sem a realização de qualquer procedimento de limpeza. Optou-se pela utilização de sangue suíno devido à sua elevada similaridade hematológica com o sangue humano [5]. Ao longo do tempo, os projéteis foram retirados de suas embalagens e lavados, com utilização de cuba ultrassônica, água e detergente antiferruginoso.

A análise foi realizada por meio de microcomparação balística entre o projétil "branco" e os projéteis submersos em sangue suíno, nos períodos de 1 dia e 1, 2, 4, 12 e 24 semanas após o contato com o sangue, conforme ilustrado na Tab. 1.

Tabela 1. Distribuição dos projéteis conforme o período de análise após o contato com sangue suíno

PROJÉTEIS	OBSERVAÇÃO
PQ01 e PQ02	Controle / "Branco"
PQ03 a PQ08	Análise após 1 dia
PQ09 a PQ14	Análise após 1 semana
PQ15 a PQ20	Análise após 2 semanas
PQ21 a PQ26	Análise após 4 semanas
PQ27 a PQ32	Análise após 12 semanas
PQ33 a PQ38	Análise após 24 semanas

As imagens dos projéteis foram registradas em intervalos distintos e confrontadas com o grupo controle ('branco') sob diferentes ampliações (10x, 32x e 57x). O objetivo foi analisar, comparativamente, a evolução das alterações existentes nos microestriamentos do cavado de referência ao longo do tempo [9]. Para análise, foi utilizado o microcomparador óptico da marca Vision X, modelo Projectina.



Figura 1. Projéteis após imersão de 24h em sangue suíno. Fonte: (AUTORES, 2025).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os projéteis questionados PQ03 a PQ08 foram analisados 24 horas após a exposição ao sangue suíno, não sendo observadas alterações significativas na integridade dos microelementos ou nos estriamentos finos do cavado de referência (Fig. 2).

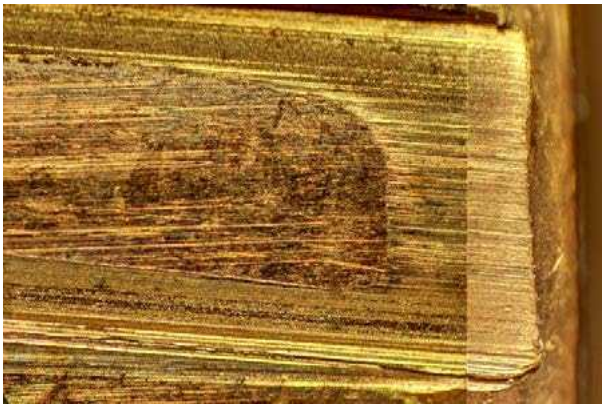


Figura 2. Projétil controle vs Projétil PQ08 (após 1 dia), visualizados em comparador balístico em zoom de 32x na região da base do cavado projétil. Fonte: (AUTORES, 2025).

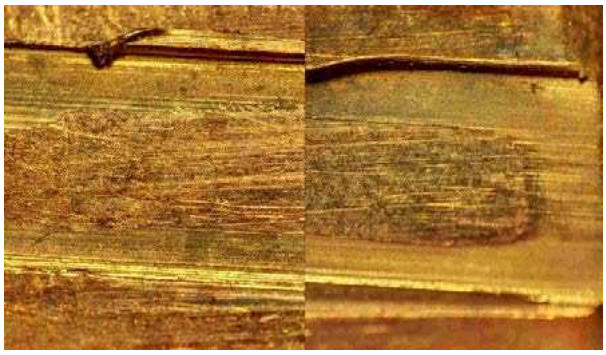


Figura 3. Projétil controle vs Projétil PQ08 (após 1 dia), visualizados em comparador balístico em zoom de 32x na região central do cavado do projétil. Fonte: (AUTORES, 2025).

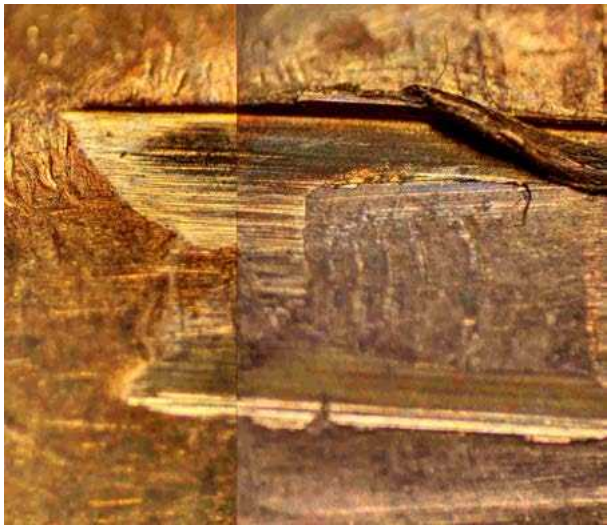


Figura 4. Projétil controle vs Projétil PQ08 (após 1 dia), visualizados em comparador balístico em zoom de 32x na região da ponta do cavado do projétil. Fonte: (AUTORES, 2025).

Similarmente, após 1 semana de contato com o sangue, os projéteis PQ09 a PQ14 foram examinados, permanecendo ausentes quaisquer modificações morfológicas relevantes (Fig. 5).



Figura 5. Projétil controle vs Projétil PQ14 (após 1 semana), visualizados em comparador balístico em zoom de 32x na base do cavado do projétil. Fonte: (AUTORES, 2025).

Entretanto, ao efetuar a análise dos projéteis PQ15 a PQ20 após 2 semanas do contato com sangue suíno, verificou-se degradação inicial dos estriamentos finos presentes nas extremidades da base dos cavados de referência, conforme pode ser observado na Fig. 6. Porém, ainda foi possível a realização de exame de confronto balístico, sem qualquer dificuldade adicional, por meio da análise dos microelementos presentes.

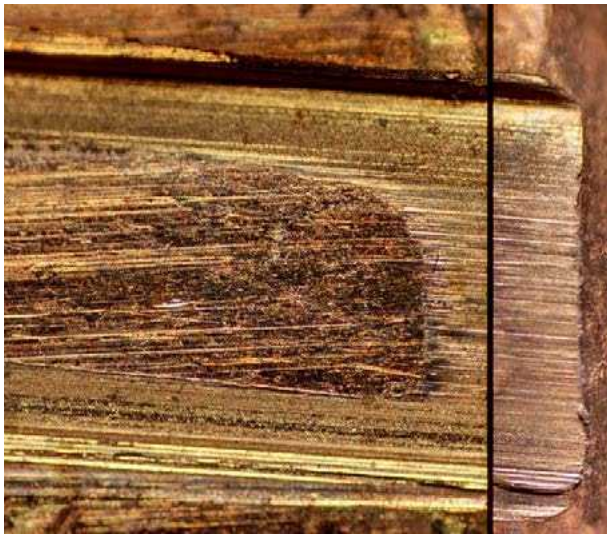


Figura 6. Projétil controle vs Projétil PQ20 (após 2 semanas), visualizados em comparador balístico em zoom de 32x na base do cavado do projétil. Fonte: (AUTORES, 2025).

Às 4 semanas após o contato com o sangue, os exemplares PQ21 a PQ26 apresentaram maior comprometimento dos microelementos quando comparados ao período anterior (com 2 semanas de exposição) (Fig. 7).

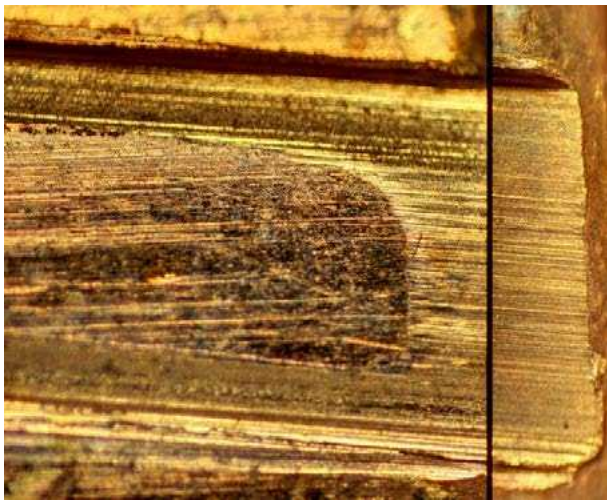


Figura 7. Projétil controle vs Projétil PQ26 (após 4 semanas), visualizados em comparador balístico em zoom de 32x na base do cavado do projétil. Fonte: (AUTORES, 2025).

Ao efetuar a análise comparativa após 12 semanas de exposição ao sangue suíno, observou-se degradação nas extremidades, porém não houve mudanças significativas se comparados ao tempo anterior (Fig. 8).



Figura 8. Projétil controle vs Projétil PQ32 (após 12 semanas), visualizados em comparador balístico em zoom de 32x na base do cavado do projétil. Fonte: (AUTORES, 2025).

Decorridos 24 semanas após exposição ao sangue suíno, a análise dos projéteis PQ33 a PQ38 revelou uma degradação substancial dos estriamentos finos nos cavados, com maior relevância na região central e ponta do cavado do projétil (Fig. 9, Fig. 10 e Fig. 11). Na base do cavado, constatou-se a destruição parcial desses elementos, especialmente nas extremidades superior e inferior. Contudo, apesar do desgaste observado, a presença de microelementos e estriamentos remanescentes manteve qualidade e quantidade suficientes para a viabilização do confronto balístico (Figura 8).

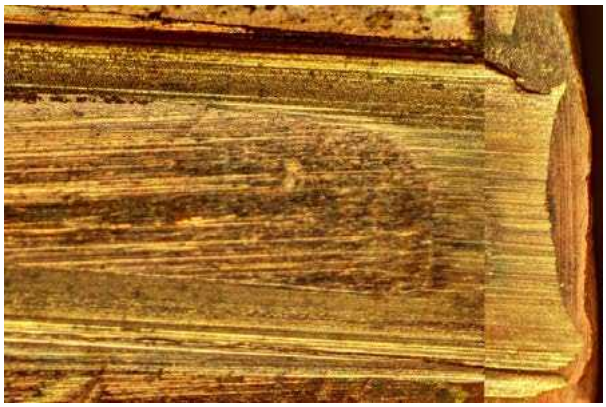


Figura 9. Projétil controle vs Projétil PQ38 (após 24 semanas), visualizados em comparador balístico em zoom de 32x na base do cavado do projétil. Fonte: (AUTORES, 2025).

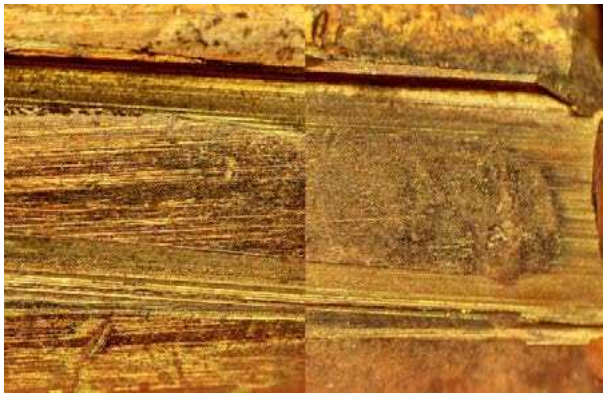


Figura 10. Projétil controle vs Projétil PQ38 (após 24 semanas), visualizados em comparador balístico em zoom de 32x na região central do cavado do projétil. Fonte: (AUTORES, 2025).

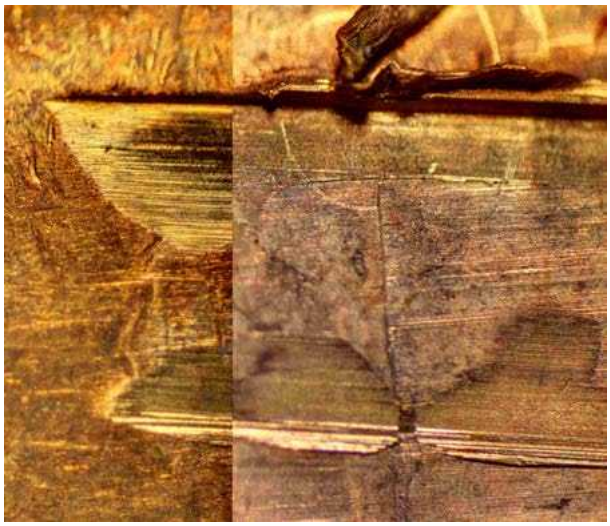


Figura 11. Projétil controle vs Projétil PQ38 (após 24 semanas), visualizados em comparador balístico em zoom de 32x na região da ponta do cavado do projétil. Fonte: (AUTORES, 2025).

4. CONCLUSÕES

Os resultados indicam que, nas primeiras 4 semanas após o contato com sangue suíno, o desgaste dos microelementos balísticos nos cavados de referência foi superficial, sem comprometer a integridade das amostras.

Todavia, nos intervalos entre 12 e 24 semanas, constatou-se uma degradação significativa, capaz de dificultar a a realização de exames periciais de microcomparação balística.

Ressalta-se que a utilização de projéteis com raiamento convencional — cujos estriamentos são inerentemente mais robustos — pode ter favorecido a preservação das marcas. Em contrapartida, a literatura e os danos observados sugerem que o raiamento poligonal seria muito mais suscetível a supressão de microelementos sob as mesmas condições [10].

Conclui-se, portanto, que a limpeza breve e adequada de vestígios balísticos coletados em locais de crime ou em exames de necropsia é essencial para a mitigação do desgaste morfológico para assegurar a nitidez dos estriamentos finos no exame microscópico.

Finalmente, ressalta-se que o presente trabalho avaliou a influência do sangue na degradação de elementos balísticos ao longo do tempo. Entretanto, destaca-se que outros fatores ambientais e físico-químicos, como umidade, temperatura, exposição ao oxigênio, tipo de solo, presença de agentes químicos e condições de armazenamento, entre outros, também

podem interferir significativamente nos processos de degradação e preservação dos vestígios balísticos, devendo ser considerados em estudos futuros para uma compreensão mais abrangente do fenômeno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] FÓRUM BRASILEIRO DE SEGURANÇA PÚBLICA. 19º Anuário Brasileiro de Segurança Pública. São Paulo: FBSP, 2025. Disponível em: https://forumseguranca.org.br. Acesso em: 24 abr. 2026.

[2] TOCHETTO, Domingos. Balística forense: aspectos técnicos e jurídicos. 9ª Edição. Campinas. Editora Millenium. 2018.

[3] MONTURO, Chris. Comparison of bullets. In: MONTURO, Chris (ed.). Forensic Firearm Examination. [S.l.]: Academic Press, 2019. p. 195-203. ISBN 9780128145395. Disponível em: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814539-5.00009-5.

[4] CUTRIM, C. P.; PIRES, L. (coord.). Perícia Criminal: Balística Forense (Procedimentos Operacionais Padrão – v.3). Ministério da Justiça e Segurança Pública. Brasília. 2024.

[5] A.R.F. Neto. Limpeza de elementos municiais em balística forense. Dissertação de Mestrado, Departamento de Química, Universidade de Coimbra (2015).

[6] D. Rao; H. Singh; J. Mowatt. Effects of human decomposition on test fired bullet – an experimental research. Egyptian Journal of Forensic Sciences 6: 17-21 (2016).

[7]PARANÁ. Secretaria de Estado da Segurança Pública. Polícia Científica. POP nº 1.2 – Balística Forense: Procedimento Operacional Padrão. Versão 1.7. Curitiba: Polícia Científica do Paraná, out. 2022.

[8] CONSELHO NACIONAL DE CONTROLE DE EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL (CONCEA). Resolução Normativa CONCEA nº 55, de 5 de outubro de 2022. Atualiza o texto da Diretriz Brasileira para o Cuidado e a Utilização de Animais em Atividades de Ensino ou de Pesquisa Científica – DBCA. Disponível em: <https://antigo.mctic.gov.br/mctic /opencms/legislacao/outros_atos/resolucoes/Resolucao_normativa_Concea_55_de_05102022.html>. Acesso em: 28 abr. 2026.

[9] D. F. Garcia; L. H. S. Rotta; S. V. S. Rotta. Deterioração de vestígios balísticos pela presença de resíduos de sangue ao longo do tempo. Trabalho de conclusão de curso, Programa de residência técnica em gestão da segurança pública, UNESPAR (2026).

[10] FELIX, O.; PALMA, J.; WHARTON, T. Glock Marking Barrels - An Evaluation of Individual and Subclass Characteristics. Theory and Practice of Forensic Science, v. 16, n. 2, p. 130-138, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.30764/1819-2785-2021-2-130-138.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Avaliação de métodos de limpeza de projéteis de arma de fogo e seus impactos no exame de confronto balístico: Análise de amostras expostas ao sangue suíno ao longo do tempo

S.V. S. Rotta [a,*], S.V.S. Rotta[a], D.F. Garcia[b]

[a] *Polícia Científica do Paraná , Unidade de Execução Técnico Científica de Maringá , Maringá (PR), Brasil*
[b] *Polícia Científica do Paraná , Unidade de Execução Técnico Científica de Maringá , Maringá (PR), Brasil*
[c] *Universidade Estadual do Paraná - UNESPAR, Paranavaí (PR), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: luiz.rotta@policiacientifica.pr.gov.br. Tel.: +55-44-3137-1042.*

Palavras-chave: Balística Forense; Detergente Convencional; Detergente Enzimático; Detergente Antiferruginoso; Microcomparação Balística.

1. INTRODUÇÃO

A Balística Forense desempenha papel fundamental nas investigações criminais, pois possibilita relacionar um projétil localizado na cena do crime ou no corpo da vítima à arma de fogo responsável pelo disparo. Essa correlação é obtida por meio do exame pericial de confronto balístico [1].

Para que o exame de comparação balística possa ser realizado de forma adequada, é necessário que a superfície do projétil esteja livre de obstruções. Assim, os projéteis de armas de fogo devem ser lavados logo após sua recuperação para remover sangue e tecidos aderidos com maior eficiência, sendo esse um passo fundamental para garantir que o perito possa identificar as características individuais necessárias para vincular o projétil a uma arma de fogo específica [2]. Estudos descrevem que fatores relacionados à exposição dos projéteis à materiais biológicos, bem como às condições de manuseio e armazenamento, podem favorecer processos de oxidação e deterioração de sua superfície [3].

Dessa forma, com a crescente utilização de armas de fogo em crimes deve-se considerar um aumento na demanda por perícias na área da balística forense, com os projéteis podendo permanecer armazenados por períodos prolongados até a realização dos exames, frequentemente em contato com sangue e outros contaminantes provenientes do local do crime ou do corpo da vítima. Nesse sentido, a limpeza adequada de projéteis balísticos antes do armazenamento e do exame pericial é um passo crítico para a preservação dos microestriamentos do projétil, essencial para o exame de confronto balístico.

Diante da diversidade de substâncias utilizadas nos laboratórios de criminalística, torna-se necessária a utilização de métodos de limpeza seguros e eficazes. Este estudo compara a utilização de detergente convencional, detergente enzimático e detergente antiferruginoso, avaliando os efeitos desses produtos sobre os microestriamentos dos projéteis e, consequentemente, sobre a viabilidade do exame de confronto balístico

2. OBJETIVO

Comparar a utilização de três protocolos de limpeza distintos, sendo o detergente convencional, o detergente enzimático e detergente antiferruginoso testados para a higienização dos projéteis balísticos, avaliando os seus efeitos sobre os microestriamentos e sua consequente interferência no exame pericial de confronto balístico.

3. MATERIAL E MÉTODO

Foram coletados projéteis padrão de uma pistola marca TAURUS, modelo G2C, calibre nominal 9 mm Luger (9x19), cano de 83 milímetros de comprimen-

to, apresentando internamente 6 raias convencionais de orientação dextrógira. Foram utilizadas munições 9 mm Luger - não tóxicas (NTA), marca CBC e com projétil encamisado total ogival.

Após a coleta, os projéteis foram submetidos a um processo de contaminação controlada: foram imersos em sangue suíno por 24h. Cumpre referir que o sangue suíno foi obtido de abatedouro seguindo as recomendações do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) [4]. Decorrido as 24 horas, os projéteis foram secos em temperatura ambiente e devidamente acondicionados.

A análise foi realizada por meio do confronto balístico entre um projétil de controle (denominado "branco", sem exposição ao sangue) e os projéteis submersos em sangue suíno. Essa comparação ocorreu em seis intervalos de tempo distintos após o contato inicial: 1 dia, 1 semana, 2, 4, 12 e 24 semanas.

Ao final de cada período de exposição e antes do confronto balístico com o projétil 'branco', as amostras contaminadas foram submetidas a diferentes métodos de higienização. O objetivo dessa etapa foi avaliar e comparar a eficácia de três detergente — convencional, enzimático e antiferruginoso — tanto na remoção dos resíduos de sangue quanto na preservação dos microestriamentos. A limpeza dos vestígios foi realizada em banho ultrassônico, por 15 minutos, utilizando 200 ml de água e 2 ml do detergente determinado para cada projétil. Em seguida, as sujidades remanescentes foram removidas com o auxílio de uma escova de cerdas macias sob água corrente. Eles foram secos em papel toalha e encaminhados ao microscópio comparador balístico. Para análise, foi utilizado o microscópio microcomparador óptico da marca Vision X, modelo Projectina.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise macroscópica e microscópica revelou comportamentos distintos entre os agentes de limpeza testados.

Após 1 dia de contato com o sangue suíno, os três métodos de lavagem (detergente convencional, enzimático e antiferruginoso) apresentaram alta eficácia e equivalência de resultados (Fig. 1). Neste estágio inicial, com a sujidade superficial, todos os métodos foram capazes de limpar significativamente a superfície do projétil, preservando integralmente os microestriamentos, permitindo um confronto balístico adequado e eficiente.

Após 1 semana do contato com o sangue suíno, constatou-se que a deposição superficial deu lugar a um processo de incrustação firme no projétil. Sob essas condições, as propriedades dos detergentes convencional e enzimático mostraram-se limitadas, não sendo satisfatórias para a remoção completa das sujidades aderidas no projétil. Em contrapartida, o detergente antiferruginoso demonstrou maior eficácia na remoção das sujidades quando comparado aos demais produtos. Essa superioridade na limpeza tornou possível uma visualização com maior nitidez e clareza os estriamentos finos do projétil, elementos fundamentais no exame de confronto balístico, similar ao visualizado nos tempos subsequentes (Fig. 2 a Fig. 6).



Figura 1. Projétil após 1 dia de contato com o sague. Limpeza com detergente convencional em (a), detergente enzimático em (b) e detergente antiferruginoso em (c).



Figura 2. Projétil após 1 semana de contato com o sague. Limpeza com detergente convencional em (a), detergente enzimático em (b) e detergente antiferruginoso em (c).



Figura 3. Projétil após 2 semana de contato com o sague. Limpeza com detergente convencional em (a), detergente enzimático em (b) e detergente antiferruginoso em (c).



Figura 4. Projétil após 4 semana de contato com o sague. Limpeza com detergente convencional em (a), detergente enzimático em (b) e detergente antiferruginoso em (c).



Figura 5. Projétil após 12 semana de contato com o sague. Limpeza com detergente convencional em (a), detergente enzimático em (b) e detergente antiferruginoso em (c).



Figura 6. Projétil após 24 semana de contato com o sague. Limpeza com detergente convencional em (a), detergente enzimático em (b) e detergente antiferruginoso em (c).

Ao realizar o confronto microbalístico entre o projétil de controle ('branco') e as amostras expostas ao sangue por 24 semanas, observaram-se variações críticas na região central do cavado do projétil conforme o método de limpeza adotado. Nas amostras tratadas com os detergentes convencional e enzimático, os resíduos permaneceram incrustados, mascarando a superfície do projétil e dificultando o exame comparativo (Fig. 7 e Fig. 8). Em contrapartida, o uso do detergente antiferruginoso promoveu uma limpeza mais profunda, revelando microestriamentos finos que haviam ficado totalmente imperceptíveis nos métodos de lavagem anteriores (Fig. 9).

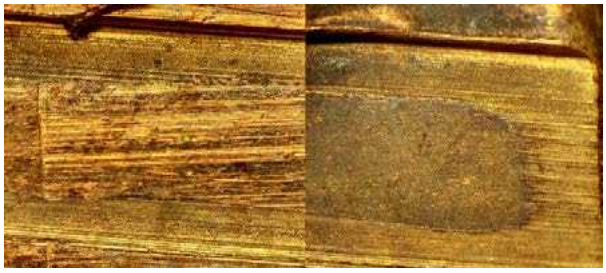


Figura 7. Projétil Branco (sem contato com sangue) (imagem esquerda) vs Projétil após 24 semana de contato com o sague (imagem direita) em região central do cavado. Limpeza com detergente convencional.

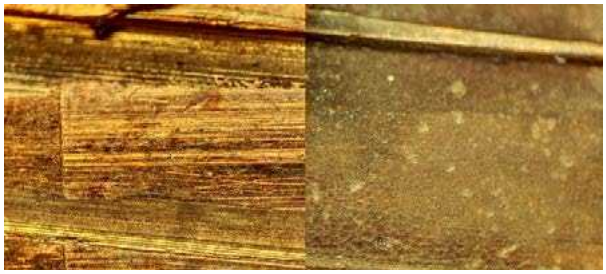


Figura 8. Projétil Branco (sem contato com sangue) (imagem esquerda) vs Projétil após 24 semana de contato com o sague (imagem direita) em região central do cavado. Limpeza com detergente enzimático.

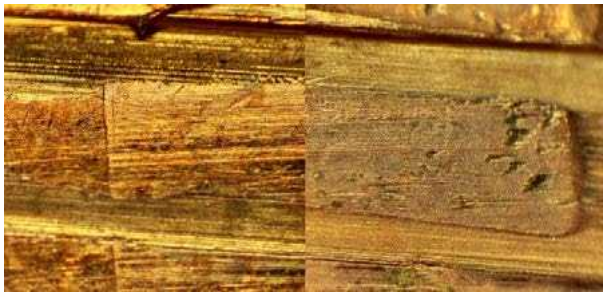


Figura 9. Projétil Branco (sem contato com sangue) (imagem esquerda) vs Projétil após 24 semana de contato com o sague (imagem direita) em região central do cavado. Limpeza com detergente antiferruginoso.

A comparação balística focada na base do cavado do projétil revelou-se altamente viável, mesmo após 24 semanas de exposição ao sangue. Constatou-se os microestriamentos presentes nessa região específica foram preservadas ao longo do tempo, permitindo a execução eficaz e conclusiva do exame de comparação balística (Fig. 10 a Fig. 12).

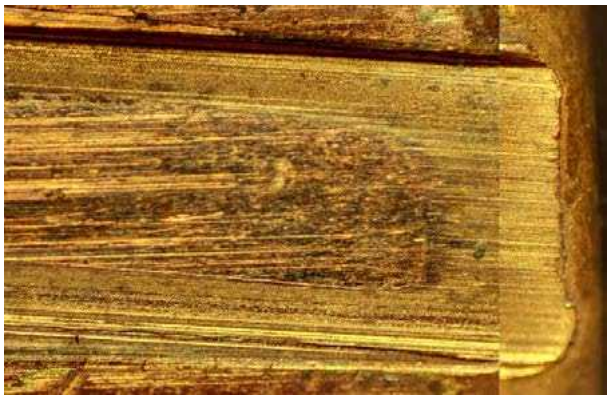


Figura 10. Projétil Branco (sem contato com sangue) (imagem esquerda) vs Projétil após 24 semana de contato com o sague (imagem direita) na base do cavado. Limpeza com detergente convencional.

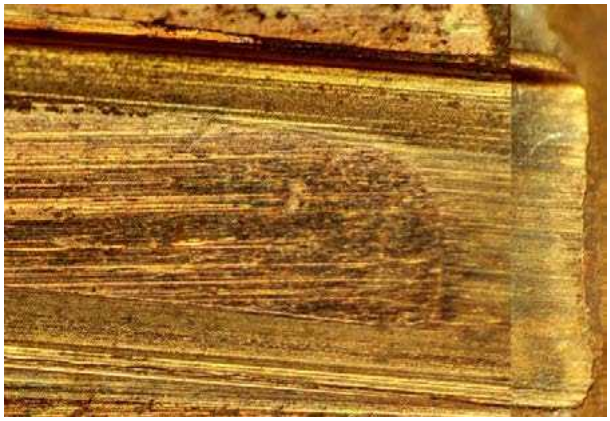


Figura 11. Projétil Branco (sem contato com sangue) (imagem esquerda) vs Projétil após 24 semana de contato com o sague (imagem direita) na base do cavado. Limpeza com detergente enzimático.

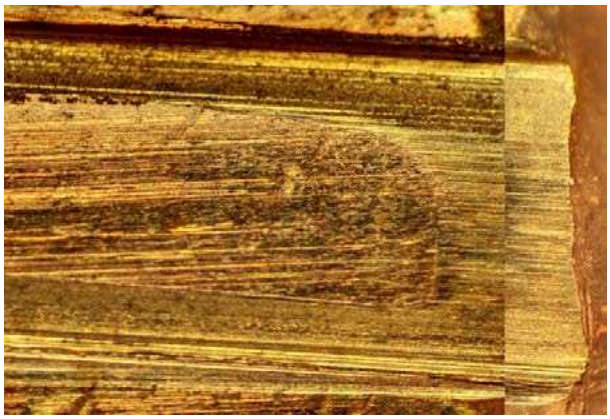


Figura 12. Projétil Branco (sem contato com sangue) (imagem esquerda) vs Projétil após 24 semana de contato com o sague (imagem direita) na base do cavado. Limpeza com detergente antiferruginoso.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise comparativa entre o detergente convencional e o enzimático indicou que ambos os métodos apresentam desempenho satisfatório na remoção do sangue quando a higienização é realizada no estágio inicial de contaminação. Contudo, não foi observada diferença visual significativa na eficácia de limpeza entre esses dois detergentes ao longo do tempo, visto que ambos manifestaram limitações consideráveis na remoção de sujidades incrustadas. A expectativa inicial de que o detergente enzimático proporcionasse uma quebra superior da matéria biológica aderida não se traduziu em uma vantagem prática a partir da metodologia de limpeza adotada, equiparando o detergente enzimático ao convencional diante de cenários de exposição prolongada ao sangue.

Em contrapartida, o uso do detergente antiferruginoso na limpeza dos projéteis, demonstrou resultados superiores. A solução foi capaz de remover substancialmente as sujidades aderidas no projétil. Ressalta-se que o uso do detergente antiferruginoso para a limpeza dos projéteis expôs com maior clareza e nitidez regiões que podem ser úteis e necessárias para o exame de confronto balístico.

Em suma, apesar de ter se observado uma degradação significativa ao longo do período estudado, capaz de dificultar a realização de exames periciais de microcomparação balística, a análise microscópica na base do cavado do projétil demonstrou alta viabilidade pericial mesmo após 24 semanas de exposição ao sangue, independentemente do método de limpeza empregado. A preservação dos microestriamentos nessa região ao longo do tempo garantiu a execução eficaz e conclusiva do confronto balístico. Cabe ressaltar que o uso de projéteis com raiamento convencional, que possuem estriamentos inerentemente mais robustos, associado ao fato de a arma de fogo utilizada produzir padrões bem marcados, favoreceu diretamente a conservação e a nitidez dos microestriamentos durante o exame de confronto balístico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] D. TOCCHETTO. *Balística forense: aspectos técnicos e jurídicos*. 7. ed. Campinas: Millenium (2013).

[2] T. Warlow. *Firearms, the Law, and Forensic Ballistics*. International Forensic Science and Investigations. Third Edition. Taylor & Francis Group (2012).

[3] D. RAO, H. SINGH, J. MOWATT. Effects of human decomposition on test fired bullet: an experimental research. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, v. 6, p. 17-21, (2016).

[4] CONSELHO NACIONAL DE CONTROLE DE EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL (CONCEA). Resolução Normativa CONCEA nº 55, de 5 de outubro de 2022**.** Atualiza o texto da Diretriz Brasileira para o Cuidado e a Utilização de Animais em Atividades de Ensino ou de Pesquisa Científica – DBCA. Disponível em: <https://antigo.mctic.gov.br/mctic /opencms/legislacao/outros_atos/resolucoes/Resolucao_normativa_Concea_55_de_05102022.html>. Acesso em: 28 abr. 2026.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Comparação da visualização de um projétil de arma de fogo por microscopia eletrônica de varredura e microscopia óptica em microcomparador balístico

D. F. Garcia[a,*], S.V. S. Rotta[b], S. L. F. Rosa[c], R. M. Marques[c], L.H.S. Rotta[b]

[a]*Universidade Estadual do Paraná - UNESPAR, Paranavaí (PR), Brasil*
[b]*Polícia Científica do Paraná, Unidade de Execução Técnico Científica de Maringá, Maringá (PR), Brasil*
[c]*Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa (COMCAP), Universidade Estadual de Maringá, Maringá (PR), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: rt.daniele.garcia@policiacientifica.pr.gov.br. Tel.: +55-43-99962-3432.*

Palavras-chave: Balística Forense; Confronto Balístico; Raiamentos.

1. INTRODUÇÃO

A identificação de projéteis de arma de fogo é uma etapa de suma importância na investigação criminal e fundamenta o trabalho da balística forense, sobretudo quando se busca correlacionar as marcas deixadas no projétil com o interior do cano da arma que efetuou o disparo - o chamado Confronto Balístico. Nessa análise, os raiamentos e microestriamentos constituem elementos importantes para a observação de características do projétil e para o exame de confronto balístico [1].

Tradicionalmente, essa avaliação é realizada por microscopia óptica em microcomparador balístico, equipamento amplamente empregado na rotina pericial por permitir observação detalhada e comparação direta entre projéteis [2]. Esse método permanece central na rotina pericial por permitir boa visualização das marcas e comparação direta entre superfícies questionadas e padrões conhecidos.

Em contrapartida, a microscopia eletrônica de varredura (MEV) oferece elevada resolução e grande capacidade de ampliação, sendo amplamente empregada em diferentes áreas das ciências forenses, o que pode favorecer a análise morfológica da superfície metálica, embora sua aplicabilidade prática no confronto balístico ainda mereça avaliação específica [3].

Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo comparar a visualização dos raiamentos e microestriamentos de um mesmo projétil de arma de fogo por MEV e por microscopia óptica em microcomparador balístico, avaliando a utilidade de ambas as técnicas no contexto do exame de confronto balístico.

2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado a partir da análise de um mesmo projétil calibre 9 mm, oriundo de disparo efetuado por pistola Taurus, modelo G2C, calibre nominal 9 mm Luger (9x19), com cano de 83 milímetros de comprimento e seis raias convencionais de orientação dextrógira. A comparação entre os métodos de microscopia foi feita sempre sobre o mesmo cavado do projétil, permitindo análise direta das mesmas marcas nas diferentes técnicas.

As imagens em microscopia óptica foram obtidas em microscópio comparador balístico modelo VisionX, da marca Projectina, cedido pela Polícia Científica do Paraná, nas ampliações de 10x, 32x e 57x, comumente utilizadas nos laudos periciais. As imagens por MEV foram obtidas em equipamento SUPERSCAN SS550, da marca Shimadzu, disponibilizado pelo COMCAP da Universidade Estadual de Maringá, sendo selecionadas para este trabalho imagens em menor, média e maior magnificação.

A comparação foi conduzida de forma qualitativa, considerando a visualização dos raiamentos, a nitidez dos microestriamentos, a preservação de referências morfológicas úteis ao confronto balístico e a relação entre a qualidade da imagem e a aplicabilidade prática de cada técnica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens obtidas no microcomparador balístico apresentaram boa qualidade em todas as ampliações empregadas. Em 10x, observou-se melhor contextualização da região cavada e da área útil de análise, como mostrado na Fig. 1, enquanto em 32x e 57x houve manutenção da visualização dos raiamentos e microestriamentos com detalhamento suficiente para utilização em confronto balístico, como demonstrado nas Figs. 2 e 3, respectivamente.

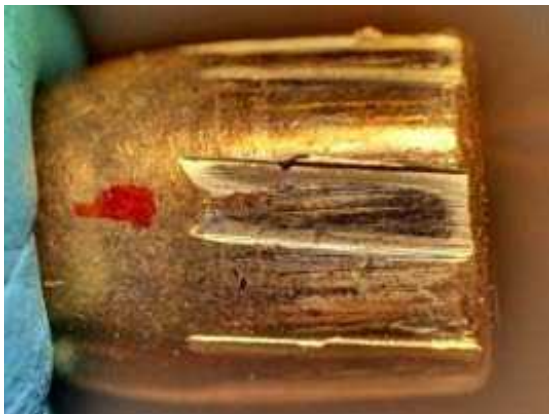


Figura 1. Visualização geral do cavado analisado em projétil calibre 9mm por microscopia óptica em microcomparador balístico, com ampliação de 10x, evidenciando a área útil de observação e o contexto geral das marcas de raiamento.



Figura 2. Imagem do mesmo cavado do projétil obtida em microcomparador balístico com ampliação de 32x, permitindo melhor definição dos raiamentos e microestriamentos.

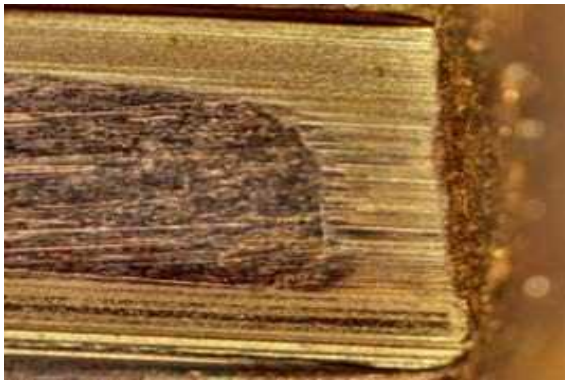


Figura 3. Imagem do mesmo cavado do projétil obtida em microcomparador balístico com ampliação de 57x, demonstrando manutenção da utilidade comparativa das marcas balísticas em maior ampliação.

Quando analisado por MEV, também se verificou elevada qualidade de imagem. Em menor magnificação, a técnica permitiu boa visualização do cavado e dos limites das áreas marcadas, preservando a leitura morfológica geral da superfície do projétil, conforme demonstrado na Fig. 4, muito similar a imagem obtida com a ampliação de 32x na microscopia optica, Fig. 2. Em uma magnificação intermediária ainda foi possível reconhecer marcas longitudinais compatíveis com os raiamentos, como na Fig. 5.

Entretanto, em magnificação mais elevada, o MEV passou a destacar predominantemente microdetalhes da topografia superficial e aspectos do material metálico do projétil, com redução do contexto espacial necessário ao confronto balístico, como se observa na Fig. 6. Assim, embora a microscopia eletrônica de varredura apresente grande capacidade de detalhamento, o aumento excessivo compromete a manutenção das referências visuais utilizadas no cotejo comparativo entre projéteis, ao passo que o microcomparador balístico mantém melhor equilíbrio entre ampliação e utilidade pericial.

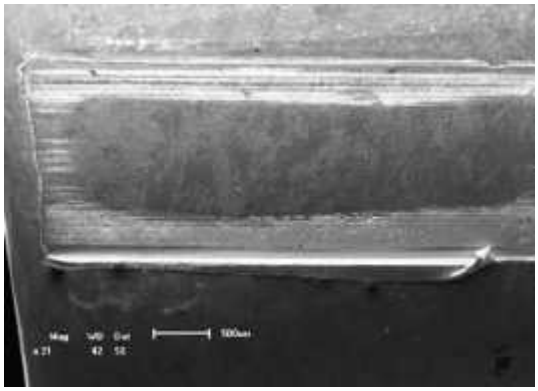


Figura 4. Imagem em microscopia eletrônica de varredura do cavado analisado, em menor magnificação, permitindo visualização geral da área marcada e dos limites do cavado.

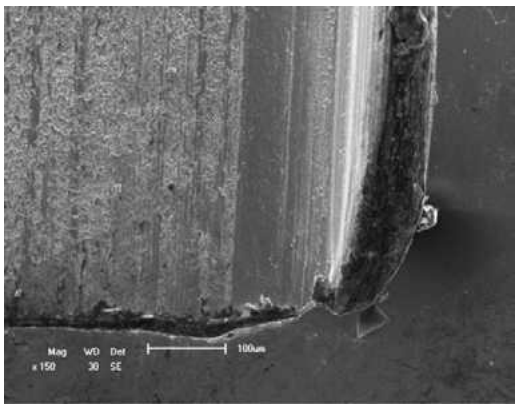


Figura 5. Imagem em microscopia eletrônica de varredura do mesmo cavado, em magnificação intermediária, com evidência de marcas longitudinais compatíveis com os raiamentos do projétil.

Além disso, observou-se que o uso do MEV demanda maior tempo de operação e maior custo, sem que isso represente ganho proporcional para a finalidade específica de comparação balística. Dessa forma, seus resultados indicam maior adequação como técnica complementar de análise superficial do que como substituta da microscopia óptica em microcomparador.

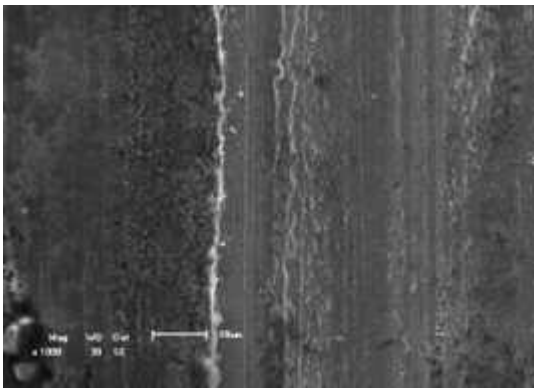


Figura 6. Imagem em microscopia eletrônica de varredura em magnificação elevada, destacando microdetalhes da superfície metálica e redução do contexto visual útil ao confronto balístico

4. CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que ambas as técnicas apresentam alta qualidade de imagem para análise de projéteis de arma de fogo. Contudo, enquanto o microcomparador balístico preservou a visualização dos raiamentos e microestriamentos de forma útil ao confronto em todas as ampliações analisadas, o MEV possibilitou a identificação dos elementos apenas nas menores magnificações, perdendo aplicabilidade comparativa quando empregado em aumentos mais elevados.

Assim, pode-se concluir que a microscopia eletrônica de varredura possui potencial como ferramenta auxiliar para observação detalhada da superfície do projétil, mas não se mostrou tão vantajosa quanto o microcomparador balístico para o exame de confronto. Dessa forma, para a rotina pericial, o microcomparador permanece como a técnica mais adequada, considerando a utilidade prática das imagens, a preservação do contexto visual das marcas e a melhor relação entre tempo, custo e resultado.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam agradecimento ao Programa de Residência Técnica em Gestão de Segurança Pública da Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR), pelo suporte institucional à formação e à pesquisa. Agradecem igualmente ao COMCAP – Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa da Universidade Estadual de Maringá, pela disponibilização da infraestrutura necessária às análises em microscopia eletrônica de varredura, e à Polícia Científica do Paraná, pela cessão do microscópio comparador balístico empregado neste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BRASIL. Ministério da Justiça. Secretaria Nacional de Segurança Pública. Procedimento
operacional padrão: perícia criminal. Brasília, DF: Ministério da Justiça; Secretaria Nacional
de Segurança Pública, 2013.

[2] Carl Zeiss Microscopy GmbH. Forensic Ballistics and Toolmark Examinations. ZEISS Microscopy Applications for Forensics. Disponível em: https://www.zeiss.com/microscopy/
en/applications/forensics/forensic-ballistics-and-toolmark-examinations.html.

[3] PEREIRA, Fernando da Silva Alves. Uso da microscopia eletrônica de varredura (MEV) em balística forense. Trabalho de conclusão de curso, Academia da Polícia Militar de Goiás (2018).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Eficiência e Prestabilidade em Munições sem Utilização de Arma(s) de Fogo

G. D. Rodrigues*

*Perito Criminal Oficial Aposentado, Polícia Civil de Minas Gerais, (MG), Brasil
gilmardias.pericia@gmail.com Tel. +55 31 99942 8556 / +55 31 99854 8763

Palavras-chave: eficiência; prestabilidade; munições; arma de fogo; plataforma de testes.

1.INTRODUÇÃO

O Exame de Eficiência em Munições é um dos pilares da perícia balística, pois permite verificar se cartuchos e seus componentes estão aptos a cumprir sua função essencial: produzir disparos capazes de afetar bens jurídicos tutelados, como a incolumidade pública [4 - 6].

No Brasil, a Lei nº 10.826/2003, conhecida como Estatuto do Desarmamento, regula o registro, posse e comercialização de armas de fogo. O artigo 14 tipifica o porte ilegal de arma de fogo de uso permitido, estabelecendo pena de reclusão de 2 a 4 anos e multa [2].

Contudo, a Teoria do Crime Impossível prevê que não há punição quando o crime não pode se consumar por meios ineficientes, como uma arma incapaz de disparar. O Superior Tribunal de Justiça (STJ) consolidou entendimento de que portar arma inapta não configura crime, estendendo essa lógica às munições [5].

Assim, o exame de eficiência é indispensável para verificar se munições apreendidas representam risco real. Sua ausência pode comprometer investigações e processos judiciais, levando a imputações indevidas [3].

2.FUNDAMENTAÇÃO JURÍDICA

- Estatuto do Desarmamento: delimita regras de posse e porte [1].
- Artigo 14: tipifica condutas relacionadas ao porte ilegal [2].
- STJ 2018: reconhece que munições imprestáveis configuram crime impossível [5].
- Relevância pericial: garante que apenas condutas efetivamente lesivas sejam punidas [4].

Esse arcabouço jurídico reforça a necessidade de exames técnicos que comprovem a aptidão ou inaptidão das munições, assegurando a correta aplicação legal [3].

3.METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

Para suprir a ausência de armas compatíveis nos exames, foi desenvolvido a Plataforma de Desmonte e Testes em Munições (CTP - 01) [6].



Figura 01. Ilustrativa da Plataforma de desmonte e teste de munições. Fonte: Acervo do autor / 2019.

3.1 Características principais

- Estrutura mecânica que simula / compatibiliza o conjunto de percussão de uma arma de fogo.
- Testa mais de 35 tipos de cartuchos de fogo central, rimfire e de alma lisa.

Tabela 1. Calibres dos cartuchos passíveis de testes no CTP 01.

.22” short; .22” long; .22” Magnum; 17HMR; 17HMR2
.25” (6,35mm); 5,56mm; Velodog 5,5mm
.32”; .32” auto (7,65mm); .320”’; 32-20 Win
.38” short; .38” long; .380”’ (garrucha); .380”’auto
9mm; .40”; .41”; “quarentinha”
36; .44”; .45”; 7mm; 7mmBR; 7,62mm; .454”’casull; .455”’; .460”’ S&W; 38-40 Win; 30-06 Win; 30-30 Win
32, 28, 24, 20, 16 e 12

- Avalia 7 tipos de espoletas desmontadas.

Tabela 2. Espoletas passíveis de testes no CTP 01.

Ouvido para armas de antecarga = número “05 Taquari”
Espoletas 1 e ½ = .25”, .32”, .32” auto, .320”’, .38”, .380”’, 9mm, .40” e .41”
Espoletas 2 e ½ = .44”, .45” e fuzis
Espoletas 209 (bateria) = cartuchos plásticos de todos os calibres nominais
Espoletas Aro 50 = cartuchos de papel para os calibres nominais 24, 28, 32 e 36
Espoletas número 56 = cartuchos de alma lisa metálicos, incluso “quarentinha”
Espoletas Aro 60 = cartuchos de alma lisa, de papel, para os calibres 12, 16 e 20.

3.2 Componentes da Plataforma (CTP 01)

- Bigorna em madeira: desmontagem segura.
- Cocho para pólvora: análise morfológica e combustão controlada.
- Câmaras de múltiplos calibres: com bloqueador central (interrupção metálica que impede às câmaras receberem/calçarem quaisquer unidades de munição de percussão central intactas), inviabilizando eventual incidente ou acidente laborais.
- Prisioneiros para rimfire (.22, .320, .380).
- Disparadores central e radial: testes diretos.
- Guilhotina e saca buchas: para cartuchos de alma lisa.
- Adaptadores para espoletas desmontadas.
- Morsa de bancada, mini balança digital e kit de ferramentas.
- Escalímetro adesivado e base acolchoada visando precisão, redução de impacto e melhoria da sensação acústica durante os exames.

Referido equipamento propicia segurança, precisão, celeridade e preservação da prova técnica, além de padronizar procedimentos periciais.

4. APLICAÇÃO PRÁTICA

O CTP-01 foi adotado em Setores de Balística Forense de estados como Espírito Santo, Rio Grande do Norte, Sergipe, Rondônia, Santa Catarina, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais [6].

Sua utilização demonstrou:

- Agilidade nos exames.
- Segurança para os profissionais que executam os testes.
- Preservação da prova técnica, pois os componentes dos cartuchos testados não são destruídos.
- Uniformização de procedimentos entre diferentes laboratórios.

Figura 2: QR CODE de acesso aos vídeos demostrativos da aplicação prática do equipamento
Fonte: Criada pelo autor / 2026.

5. DISCUSSÃO

A utilização da Plataforma disponibiliza melhorias técnico jurídicas.

- Aspecto técnico: habilita a realização dos exames mesmo sem arma compatível [6].
- Aspecto jurídico: evita imputações indevidas de condutas atípicas [5].
- Aspecto prático: otimiza os procedimentos, aumentando a celeridade dos prazos de finalização dos exames.

Outro ponto relevante é a possibilidade da adoção do equipamento para cursos de formação de peritos criminais, aperfeiçoamento profissional ou mesmo especialização em balística forense: o CTP-01 pode ser utilizado em treinamentos, permitindo que novos profissionais pratiquem técnicas de desmontagem e análise de munições em meio seguro.

6. CONCLUSÃO

O exame de eficiência em munições é essencial para a persecução penal [4]. Sua ausência pode levar à imputação indevida de condutas atípicas [5]. O CTP-01 caracteriza uma alternativa inovadora que atende às orientações técnicas e jurídicas, propiciando segurança e precisão nos exames [6].

A ausência de análises de eficiência e prestabilidade em munições pode comprometer procedimentos policiais (flagrantes ou inquéritos) ou processos judiciais e à essa lacuna a Plataforma de Desmonte e Testes de Munições (CTP-01) representa uma alternativa inovadora, alinhada às orientações do Ministério da Justiça e exigências jurídicas, garantindo segurança, precisão e confiabilidade.

Sua adoção nacional pode estabelecer um marco na modernização da perícia balística brasileira, consolidando práticas seguras e eficazes [6].

REFERÊNCIAS

[1] BRASIL. Lei nº 10.826, de 22 de dezembro de 2003. Dispõe sobre registro, posse e comercialização de armas de fogo e munição, sobre o Sistema Nacional de Armas – SINARM, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 23 dez. 2003.

[2] CAPEZ, Fernando. Curso de Direito Penal. São Paulo: Saraiva, 2022.

[3] MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA (MJSP). POP 3.04 – Balística. Brasília: MJSP, 2024.

[4] PINHEIRO, Romildo Guerra. Exames de eficiência em munições. Belo Horizonte: Del Rey, 2021.vis

[5] SUPERIOR TRIBUNAL DE JUSTIÇA (STJ). Jurisprudência em Teses – Edição nº 102: Estatuto do Desarmamento. Brasília: STJ, 2018.

[6] TOCCHETTO, Domingos. Balística Forense. Porto Alegre: Editora Síntese, 2025.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

É válida a inserção de padrões de arma de fogo artesanal no SINAB? Estudo de caso sobre a identificação de uma arma de fogo artesanal tipo submetralhadora utilizada em local de homicídio no Amazonas com auxílio do Banco Nacional de Perfis Balísticos

U. G. Neiss[a,*], J. M. R. Júnior[a], J. S. Braga[a], J. M. Holanda[a], A. Alves-Pereira[a]

[a]Instituto de Criminalística Lorena dos Santos Baptista, Departamento de Polícia Técnico-Científica do Amazonas - DPTC, Manaus (AM), Brasil

**Endereço de e-mail para correspondência: ulisses.neiss@gmail.com.br. Tel.: +55-92-99197-4679.*

Palavras-chave: Arma de fogo artesanal, BNPB, Comparação balística, SINAB.

1. INTRODUÇÃO

A posição geográfica de Manaus e sua proximidade com países vizinhos onde há acentuada produção ilegal de entorpecentes, transformaram o estado do Amazonas em um dos grandes corredores logísticos do narcotráfico na América do Sul, devido, principalmente, à grande quantidade de rios e rotas fluviais presentes no Bioma Amazônico [1].

Como outras grandes capitais nacionais, em função do tráfego de entorpecentes e à disputa de facções criminosas por território e rotas logísticas, a região metropolitana de Manaus apresenta um cenário de criminalidade com altos índices de homicídios por arma de fogo [2].

Dentro desse contexto, além de armas de fogo industriais utilizadas nos locais de crime, há a apreensão de armas de fogo de fabricação artesanal sofisticadas, do tipo pistola ou submetralhadora. Ao contrário das armas de fabricação industriais que seguem padrões de qualidade na produção, as armas de fabricação artesanais são caracterizadas pela heterogeneidade de seus componentes e pela ausência de padronização mecânica. Desse modo, as deformações normais e pesquisáveis produzidas nos elementos de munição deflagrados por estas armas artesanais, podem ser únicas e marcantes, servindo para exames de microcomparação balística [3].

Criado em 2021 pelo Decreto nº 10.711, o Sistema Nacional de Análise Balística (SINAB) que utiliza o Banco Nacional de Perfis Balísticos (BNPB), configura-se como uma política pública técnico-científica essencial ao enfrentamento da criminalidade armada. O BNPB tem como objetivo cadastrar armas de fogo vinculadas a crimes e armazenar características de classe e individualizadoras de projéteis e de estojos de munição questionados, possibilitando melhor apuração dos crimes praticados no Brasil com o uso de armas de fogo [4].

A implementação do Sistema Nacional de Análise Balística (SINAB) representou um marco para a criminalística nacional e um avanço metodológico e tecnológico para os laboratórios de Balística Forense, que agora podem correlacionar armas apreendidas e elementos de munições questionados entre diferentes locais de crime de homicídio.

O objetivo deste estudo é ilustrar que armas de fogo de fabricação artesanal podem ser elegíveis para coleta dos padrões e inserção dos perfis balísticos no BNPB por meio do estudo de um caso de *identification hit* intermunicipal com uso de uma submetralhadora semiautomática de produção artesanal entre os municípios de Iranduba e Manaus, Amazonas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos referentes à elegibilidade, triagem, confronto prévio, inserção de perfis balísticos, análise e reporte de resultados de coincidências no BNPB, são realizados conforme o manual de proce-

dimentos do SINAB, aprovado pela Resolução nº 06 de 03 de fevereiro de 2025 do Comitê Gestor do SINAB. Os exames periciais foram realizados na sala de comparação do Setor de Balística Forense (SBF), situado no Instituto de Criminalística "Lorena dos Santos Baptista" (ICLSB). O material testemunho encontra-se, devidamente, custodiado SBF.

2.1. Histórico

Durante análise dos resultados de correlação retornados pelo Banco Nacional de Perfis Balísticos (BNPB), foram identificadas possíveis concordâncias de perfis balísticos relacionados aos elementos de munição (projéteis e estojos) referentes às seguintes ocorrências:

- Local de Crime 1: natureza homicídio, em 30/11/2023, VÍTIMA 1, IRANDUBA, vestígios questionados: 24 (vinte e quatro) estojos deflagrados calibre nominal 5,56x45mm; 26 (vinte e seis) estojos deflagrados calibre nominal 9mm; 04 (quatro) projéteis deflagrados calibre nominal 5,56x45mm; e 14 (quatorze) projéteis deflagrados calibre 9mm.
- Local de Crime 2: natureza homicídio, em 02/12/2023, VÍTIMA 2, MANAUS, vestígios questionados: 15 (quinze) estojos deflagrados calibre nominal 9mm Luger.
- Local de Crime 3: natureza homicídio, em 25/06/2024, VÍTIMA 3, MANAUS, vestígios questionados: 03 (três) estojos deflagrados calibre nominal 9mm Luger; 01 (um) projétil deflagrado do calibre 9 mm.
- Arma de fogo apreendida: natureza envolvimento de arma de fogo, acessório ou munição de uso proibido, em 13/06/2024, indiciado desconhecido, MANAUS, peças questionadas: arma de fogo artesanal e 10 cartuchos de munição 9 mm N.T.A..

2.2. Microcomparação balística prévia (intracaso)

Realizando o exame de microcomparação balística prévia entre os elementos de munição questionados dos locais de crimes 1, 2 e 3 (homicídios), foram identificados os grupos de elementos, e escolhidos os elementos mais representativos de cada um desses grupos para gerar os perfis balísticos: Local 1 (Iranduba)/vítima 1: EQ02, EQ25, EQ34, PQ01, PQ05 e PQ11; Local 2 (Manaus)/vítima 2: EQ01 e EQ02; Local 3 (Manaus)/vítima 3: EQ01 e PQ01.

2.3 Arma de fogo artesanal examinada

Em 13/06/2024 foi apresentada pela equipe de investigação do 1º Departamento Interativo de Polícia uma arma de fogo que estava escondida dentro do painel de um automóvel Fiat Idea, apreendido na cidade de Manaus durante uma abordagem do grupamento especializado ROCAM da Polícia Militar do estado do Amazonas.

A peça trata-se de uma arma de fogo de retrocarga de fabricação artesanal, tipo submetralhadora, de repetição semiautomática, e câmara e cano compatível com cartuchos de munição do calibre 9 mm. A arma artesanal é confeccionada com perfis metálicos pintados com tinta sintética de coloração preta, com a inscrição "PCC.AM" na lateral esquerda do corpo (Figura 1). Apresenta sistema de funcionamento complexo e bem construído, com sistema de ferrolho aberto, com alavanca de manejo do ferrolho na posição esquerda do corpo. De ação simples, com sistema de percussão indireta e central, com percutor fixo e extrator montados no conjunto do ferrolho (Figura 2); ferrolho quando tracionado para trás, comprime uma mola metálica na porção interna do corpo; inclui sistema de liberação do ferrolho por gatilho com guarda-mato. Municiamento por meio de carregador metálico artesanal, bifilar, tipo cofre, inserido na porção inferior do corpo (receptáculo do carregador). A arma apresenta guarda-mão com trilho "picatinny" confeccionado em polímero preto e empunhadura do tipo "pistol grip" em polímero preto. A arma artesanal apresenta cano de alma raiada (6D) (Figura 3), fixo na armação, com 155mm de comprimento. A arma apresenta 380mm de comprimento total, e 200mm de altura a partir da base da empunhadura.

É importante ressaltar, que a submetralhadora artesanal apresenta mecanismo de funcionamento sofisticado, similar a uma arma de fogo de fabricação industrial, com componentes internos responsáveis pelo funcionamento semiautomático articulados e operantes, incluindo extrator e ejetor funcionais.



Figura 1. Vista das laterais esquerda (A) e direita (B) da arma de fogo de fabricação artesanal enviada a exame, tipo submetralhadora, de repetição semiautomática, compatível com calibre 9 mm.



Figura 2. Vista da porção anterior do ferrolho, com detalhe para o pino percutor e o extrator.



Figura 3. Vista da porção anterior do cano (boca do cano), com detalhe para o raiamento interno.

2.4. Coleta dos padrões balísticos

Após análise minuciosa da estrutura e dos mecanismos internos da arma de fogo artesanal, verificou-se que ela apresentava segurança para o teste de tiro e coleta dos padrões balísticos com cartuchos de munições originais.

Os padrões balísticos da submetralhadora artesanal foram colhidos em coletor balístico tubular com substrato seco (algodão e estopa), de forma remota, sem contato físico com a peça por questões de segurança: a arma foi fixada com auxílio de uma morsa na posição de tiro, o ferrolho foi tracionado para trás e travado em ação simples, uma corda foi utilizada para tracionar o gatilho, permitindo produzir tiro unitário à distância e protegido. Foram utilizadas munições originais do tipo 9mm Luger (ETOG), marca CBC, encaminhadas juntamente com o armamento no momento da apreensão. Foram coletados três projéteis e três estojos padrões (Figura 4). Perfis balísticos cadastrados no BNPB: EPA1 e PPA1 (2024).



Figura 4. Mostra a base do estojo-padrão (EPA1) e do projétil-padrão (PPA1), coletados da arma de fogo artesanal.

2.5. Inserção de perfis balísticos no BNPB e a determinação de concordâncias

As peças selecionadas dos elementos questionados e padrões foram inseridas no BNPB com auxílio do Sistema de Identificação Balística IBIS TRAX-HD3D™. As peças físicas referentes aos perfis balísticos foram examinadas com o auxílio de um microscópio comparador Leica ® modelo FS M.

A concordância entre elementos de munição questionados de diferentes locais de crime (*link hit*) evidencia o emprego de uma mesma arma de fogo em diferentes ocorrências. A correspondência entre vestígios questionados e elementos de munições padrões, resultando em uma ligação à arma (*identification hit*), identificando assim a arma enviada para exame.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Concordância de perfis balísticos

Os resultados dos exames de microcomparação balística para confirmação das concordâncias encontram-se na Tab. 1 e na Tab. 2.

Tabela 1. Informações sobre os resultados positivos dos exames de comparação balística entre estojos.

Confronto	Perfil balístico	Perfil balístico	Resultado
1	EPA1 (2024) (submetralhadora artesanal, calibre 9mm)	EQ34 (2024)	Confronto positivo (*Identification hit*) (Figura 5)
2	EQ25 (2024)	EQ02 (2023)	Confronto positivo (*Link hit*) (Figura 6)
3	EQ01 (2024)	EQ01 (2024)	Confronto positivo (*Link hit*) (Figura 7)



Figura 5. Identification hit confirmado: concordância encontrada no Sistema IBIS Trax-HD3DTM, entre os perfis balísticos de estojos da submetralhadora artesanal EPA1 (2024) e do estojo questionado EQ34 (2024),

encontrado no local de homicídio 1, município de Iranduba, vítima 1.

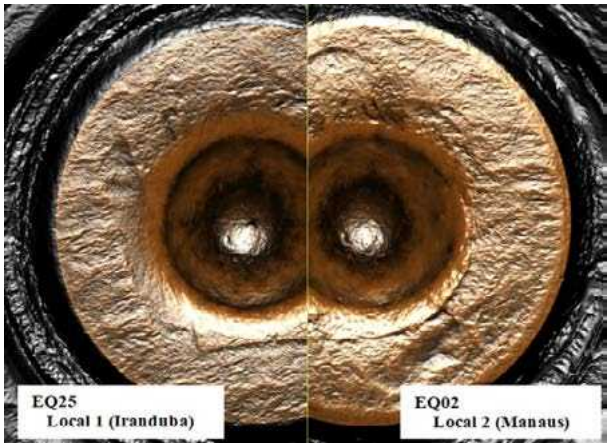


Figura 6. *Link hit* confirmado: concordância encontrada no Sistema IBIS Trax-HD3DTM, entre os perfis balísticos de estojos questionados EQ25 (2024) (local de homicídio 1, município de Iranduba, vítima 1) e EQ02 (2024) (local de homicídio 2, município de Manaus, vítima 2).

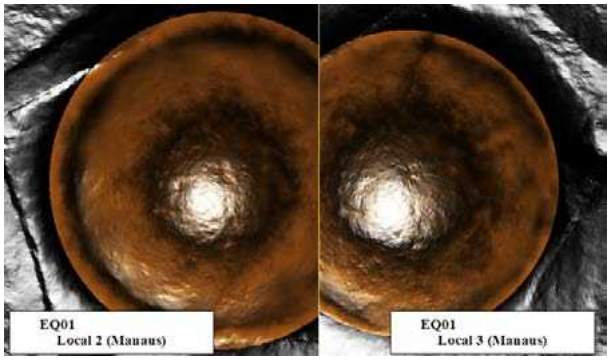


Figura 7. *Link hit* confirmado: concordância encontrada no Sistema IBIS Trax-HD3DTM, entre os perfis balísticos de estojos EQ01 (2023) (local de homicídio 2, município de Manaus, vítima 2), e EQ01 (2024) (local de homicídio 3, município de Manaus, vítima 3).

Tabela 2. Informações sobre o resultado positivo do exame de comparação balística entre projéteis.

Confronto	Perfil balístico	Perfil balístico	Resultado
1	PPA1 (2024) (submetralhadora artesanal, calibre 9mm)	PQ05 (2024)	Confronto positivo (*Identification hit*) (Figura 8)

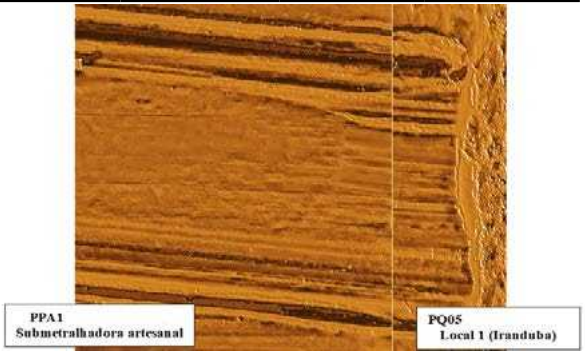


Figura 8. Identification hit confirmado: concordância encontrada no Sistema IBIS Trax-HD3DTM, entre os perfis balísticos de projétil da submetralhadora artesanal PPA1 (2024) e do projétil questionado PQ05 (2024), encontrado no local de homicídio 1, município de Iranduba, vítima 1.

3.2. Relação dos locais de crimes identificados

O estudo envolveu quatro ocorrências: três locais de homicídio, sendo dois no município de Manaus, nas datas de 02/12/2023 e 25/06/2025, e um no município de Iranduba, na data de 30/11/2023, cidade da região metropolitana distante cerca de 38 Km da capital; além de uma ocorrência de apreensão de uma arma de fogo artesanal tipo submetralhadora, encontrada dentro de um veículo recolhido na capital, na data de 13/06/2024.

A análise de possíveis correlações detectadas com o BNPB, permitiu a identificação de microdeformações concordantes (*identification hits*) entre os elementos de munição padrão da submetralhadora artesanal (arma "A") e elementos questionados provenientes do local de homicídio 1, município de Iranduba, na data de 30/11/2023, tendo como a Vítima 1 (Tab. 1, Tab. 2, Figura 9).

A partir da análise dos demais perfis balísticos encontrados no local de homicídio 1 (Iranduba) inseridos no BNPB, foi possível identificar a concordância de ligação (*link hit*) de um estojo questionado do calibre 9mm com um estojo questionado do calibre nominal 9mm Luger encontrado no local de crime 2 (Manaus), em 02/12/2023, tendo como a Vítima 2 (Tab. 1, Figura 9).

Seguindo a mesma premissa, a partir da análise dos demais perfis balísticos encontrados no local de homicídio 2 (Manaus), em 02/12/2023, inseridos no BNPB, foi possível identificar a concordância de ligação (*link hit*) de um estojo questionado do calibre 9mm Luger com um estojo questionado do calibre 9mm Luger encontrado no local de homicídio 3 (Manaus), em 25/06/2024, tendo como a Vítima 3 (Tab. 1, Figura 9).

Além da arma de fogo artesanal identificada por meio dos padrões balísticos inseridos no BNPB, foi possível verificar a utilização de pelo menos, mais três armas de fogo desconhecidas: uma arma de fogo compatível com o calibre 5,56x45mm; e duas armas de fogo compatíveis com o calibre 9mm (sem prejuízo de outras armas que possam ter sido utilizadas nas ocorrências estudadas).

3.3. Deformações produzidas nos elementos de munição utilizados em armas de fogo artesanais

Em virtude do processo "artesanal" de produção de peças e componentes de armas de fogo de retrocarga de fabricação artesanal (tipo pistolas, submetralhado-

res ou afins), as deformações normais e pesquisáveis produzidas nos elementos de munição deflagrados por estas armas artesanais, podem, em muitos casos, ser mais evidentes em quantidade e qualidade quando comparadas com aquelas produzidas por armas de fogo de fabricação industrial.

Devido à precariedade da usinagem e arquitetura de peças e componentes metálicos do mecanismo de percussão e ejeção de armas de fogo artesanais, os estojos e projéteis padrões produzidos por estas armas, podem apresentar características únicas e marcantes, muitas vezes de fácil visualização, que se repetem nos elementos de munição deflagrados (padrões). Fato verificado por experiência prática após estudos com elementos de munição oriundos de armas artesanais.

Como exemplo, a submetralhadora artesanal examinada, apresenta o pino percutor fixo no conjunto do ferrolho, com ápice arredondado e relativamente muito largo quando comparado com a maioria das armas de fabricação industrial, produzindo um picote largo e profundo na espoleta do estojo padrão, com deformações únicas e que se repetem como carimbo no fundo da espoleta (ver Figuras 4 e 5, que mostram a base de um estojo padrão colhido da submetralhadora artesanal e a imagem do "Matchpoint").

Assim, armas de fogo de produção artesanal podem ser elegíveis para coleta dos padrões e inserção do(s) perfil(s) balístico(s) no BNPB. Cabe ressaltar, que é extremamente importante verificar as questões de segurança para manusear e utilizar em prova de tiro uma arma de fogo artesanal. É recomendado o uso de estativa ou morsa para realizar os testes à distância, de forma remota, já que o contato direto oferece graves riscos à integridade física do atirador [3].

4. CONCLUSÕES

O estudo demonstrou que a submetralhadora artesanal apreendida (arma "A") no município de Manaus foi utilizada no local de homicídio 1, em 30/11/2023, no município de Iranduba, relacionado à Vítima 1, por meio de estojos e projéteis questionados encontrados no referido local.

Com a identificação da utilização da submetralhadora artesanal (arma "A") no local de homicídio 1 (Iranduba), foi possível identificar mais dois locais de crime de homicídio na cidade de Manaus conectados pelos elementos de munição questionados, resultando em três locais de homicídio relacionados (três vítimas).

A partir dos resultados analisados entre os três locais de homicídio foi possível verificar a utilização de no mínimo quatro armas de fogo diferentes: a submetralhadora artesanal identificada, uma arma de fogo desconhecida compatível com o calibre 5,56x45mm, e duas armas de fogo desconhecidas compatível com o calibre 9mm (Ver resumo esquemático da rede de concordâncias na Figura 9).

O presente estudo revelou ocorrências intermunicipais relacionadas na região metropolitana de Manaus, fato favorecido pela implantação do SINAB, permitindo que crimes teoricamente isolados sejam investigados de forma integrada. Como outros estudos já demonstraram, a implantação do BNPB no Brasil, permitiu relacionar uma série de correlações de crimes ocorridos em municípios ou estados distintos, com a identificação de armas de fogo utilizadas nesses locais, auxiliando a investigação e prisão de membros de grupos criminosos.

A intermunicipalização do crime reflete o panorama das grandes metrópoles brasileiras, onde grupos criminosos, estruturados principalmente em torno do tráfico de entorpecentes, atuam por meio da expansão e consolidação de facções criminosas [1]. A interiorização da violência no Amazonas conecta-se diretamente ao controle de rotas de escoamento. Na região metropolitana de Manaus, cidades como Iranduba, Manacapuru e Rio Preto da Eva deixaram de ser pacatas e passaram a registrar um aumento dos homicídios com arma de fogo devido à interiorização dessas facções, que usam essas cidades como entrepostos estratégicos para suporte logístico, armazenamento de substâncias ilícitas e refúgio para lideranças [5].

Além disso, o resultado sugere que armas de fogo artesanais complexas e sofisticadas, com mecanismo de funcionamento semiautomático ou automático semelhantes àquelas de produção industrial, podem ser utilizadas por grupos criminosos em regiões metropolitanas; demonstrando, quando possível e seguro, a importância da coleta dos padrões balísticos e inserção de perfis balísticos de armas artesanais no BNPB.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos demais peritos criminais, servidores técnicos e administrativos que trabalham no Setor de Balística Forense do Instituto de Criminalística Lorena dos Santos Baptista, Departamento de Polícia Técnico-Científica do Amazonas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Fórum Brasileiro de Segurança Pública (FBSP). *Cartografias da Violência na Amazônia*. 2. ed. São

Paulo: FBSP, 2024. Disponível em: https://forumseguranca.org.br/.

[2] Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). *Atlas da Violência 2024*. São Paulo: Ipea/FBSP, 2024. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/.

[3] D. Tocchetto. *Balística forense: aspectos técnicos e jurídicos,* Millennium Editora, 11ª ed., Brasil (2021) 111-134.

[4] MARTINES, D. D. M. R. M. Análise dos vestígios genéticos e balísticos de crimes sob a ótica do Pacote Anticrime. *Revista Aproximação*, Guarapuava, v. 4, n. 9: 1-15 (2022).

[5] Instituto Igarapé. *O ecossistema do crime na Amazônia: uma análise da dinâmica da violência e da ilegalidade*. Rio de Janeiro: Instituto Igarapé (2023).

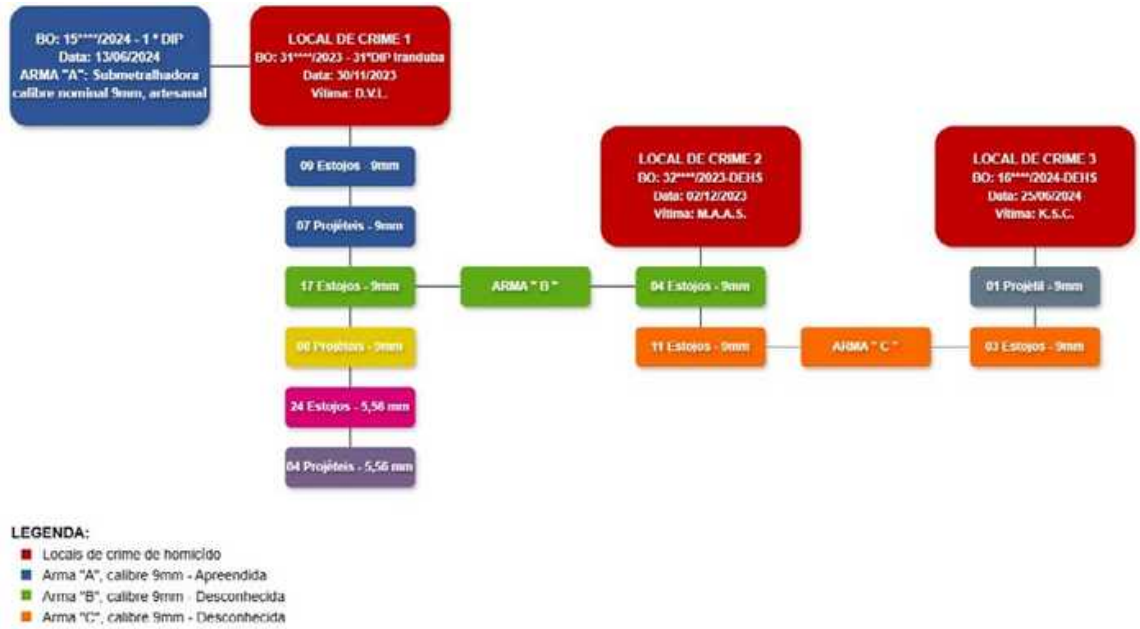


Figura 9. Diagrama das ocorrências interligadas pelos elementos de munições de arma de fogo examinados.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

O impacto dos recursos nativos de exclusão de mensagens do WhatsApp na análise forense móvel

M. G. Faccin[a,*], M. V. Rodrigues[a], F. D. Tarragô[a]

[a] *Departamento de Criminalística, Instituto Geral de Perícias, Porto Alegre (RS), Brasil*
[*] *Endereço de e-mail para correspondência: marcio-faccin@igp.rs.gov.br. Tel.: +55-51-98137-3597.*

Palavras-chave: WhatsApp; Forense Móvel; Android; Mensagens Excluídas; Mensagens de Visualização Única.

1. INTRODUÇÃO

Desde o surgimento dos primeiros computadores pessoais, passando pela popularização da Internet e pelo aumento da capacidade de processamento, armazenamento e transmissão de dados nos telefones celulares, a sociedade mundial acompanha um processo irreversível de digitalização em todas as áreas, incluindo a atividade criminal.

A referência [1] cita que "na esfera criminal, a massificação da informática tornou indispensável a análise dos registros digitais não apenas em crimes cibernéticos, mas em todos os ilícitos nos quais o planejamento ou a execução foram mediados por dispositivos, plataformas ou serviços digitais". [2], por meio de uma extensa revisão de literatura, destaca que a proliferação de dispositivos móveis na sociedade é um dos principais fatores que transformam a disciplina de forense digital numa atividade gradativamente mais complexa. [3] apresenta dados estatísticos relativos à Indonésia, destacando que 97,8% da população deste país acessa a Internet por meio de dispositivos móveis. [3] também destaca que, segundo o relatório DataIndonesia de 2023, o *WhatsApp* era o aplicativo de mídia social mais utilizado naquele país.

Naturalmente, como uma das ferramentas mais populares e mais poderosas em recursos de comunicação pessoal, o aplicativo de mensagens *WhatsApp* (e suas diversas variações, tanto oficiais quanto não oficiais) é um dos elementos mais analisados na busca pelas evidências forenses necessárias para que as partes do processo criminal (defesa, acusação e juízo) construam mecanismos de convicção quanto aos fatos acontecidos.

Porém, com a estratégia de garantir a privacidade de seus usuários, a *Meta* evolui permanentemente na entrega de funcionalidades que restrinjam o acesso às conversas, tais como as opções de "excluir para todos", as configurações de "mensagens temporárias", as opções de "visualização única", entre outros recursos, os quais, do ponto de vista forense, trazem preocupação sobre o uso indevido visando ocultar as evidências digitais [3][4][5][6].

Neste cenário, torna-se cada vez mais relevante a publicação de trabalhos que analisem os impactos destes mecanismos de exclusão de mensagens.

Assim, neste trabalho, por meio de um levantamento estatístico, a partir do histórico de extrações de dados dos celulares armazenados nesta seção de perícias em dispositivos de telefonia móvel (doravante identificada por SETEL), identificamos dados que confirmem o histórico de uso desses mecanismos.

2. METODOLOGIA

Para o levantamento dos dados estatísticos de uso real do *WhatsApp* e de suas variações, torna-se importante o levantamento do esquema de dados utilizado para armazenar essas informações. É de conhecimento do mercado forense que, periodicamente, o aplicativo evolui o modelo de dados, incluindo novas tabelas, excluindo tabelas que deixaram de ser utilizadas, modificando relacionamentos entre índices, etc, e o escopo se tornaria muito amplo se incluíssemos em nosso objetivo a caracterização de esquemas diversos. Da

mesma forma, entre sistemas operacionais diferentes (*Android* e *iOS*, por exemplo), a estrutura de tabelas do *WhatsApp* também é incompatível.

Assim, restringimos nossa análise aos dispositivos *Android* com aplicativos de comunicação instalados que utilizam o mesmo esquema de dados, nas tabelas que interessam aos nossos objetivos, da versão 2.26.6.72 do *WhatsApp* (diferentemente da análise conduzida em [3], que se limitou ao uso de dispositivos exatamente com a mesma versão de *WhatsApp* instalada, limitamos nossa varredura apenas a identificação do mesmo esquema de dados nas tabelas de interesse).

Num primeiro momento, então, por meio da análise exploratória no conteúdo do arquivo **msgstore.db** extraído dos dispositivos de teste, e com a utilização do *software* **DB Browser for SQLite**, mapeamos as tabelas e as colunas que interessavam para nossa pesquisa.

A seguir, identificamos a presença de um arquivo **deviceinfo.txt** contendo informações de cada dispositivo móvel cujos dados foram extraídos pelo aplicativo da *Cellebrite*. A detecção desse arquivo nos permitiu a construção de um *script Python* que efetuou a varredura de todas as pastas armazenadas no servidor, diferenciando de forma automática as extrações das pastas de análise, e diferenciando as extrações *Android* das realizadas nos demais sistemas.

Dentro das pastas contendo extrações de dados de dispositivos *Android*, o *script* identificou as extrações do tipo sistema completo de arquivos, analisando o arquivo compactado gerado pela ferramenta *Cellebrite* com a cópia preservada da extração de dados e detectando a presença de todas as cópias do arquivo de banco de dados **msgstore.db**. Cada uma destas cópias foi extraída do arquivo compactado para um arquivo temporário, sendo acessado pelo mesmo *script* para execução dos comandos SQL que permitiram obter as métricas desejadas. O resultado dessas consultas foi gravado em um arquivo CSV e processado com o aplicativo de Planilhas do *Libre Office* e com o *Excel 365 online* para obter os dados estatísticos de interesse.

3. ESTATÍSTICAS DE USO DO WHATSAPP

Com o objetivo de avaliar o impacto dos mecanismos de exclusão de dados nas conversas de *WhatsApp* presentes nos dispositivos móveis cujos dados foram extraídos na SETEL do IGP-RS, conforme definição apresentada na Introdução deste trabalho, inicialmente buscamos identificar qual o percentual de dispositivos que possuem *WhatsApp* (ou suas variantes) instalados.

A seguir, observamos duas estruturas principais do modelo de dados presente na versão de interesse do *WhatsApp Android*: a estrutura de conversas, registrada na tabela ***chat***, e a estrutura de mensagens, registrada na tabela ***message***. Nesse contexto, a tabela de conversas armazena características de configuração de um fluxo de mensagens entre dois ou mais usuários; enquanto a tabela de mensagens registra cada envio ou recepção de dados em um tipo e horário específico. Assim, contabilizamos o total de conversas e de mensagens presentes na extração, comparando com o total de conversas e mensagens registradas na base de dados (a tabela ***sqlite_sequence*** armazena o valor corrente da chave primária de diversas tabelas, incluindo as tabelas ***chat*** e ***message***, permitindo obter a informação do total de registros criados em cada tabela, mesmo que parte dos dados tenha sido excluída antes da extração).

Neste momento, não é possível diferenciar as mensagens excluídas pela deleção manual das mensagens excluídas pelo mecanismo de exclusão automática de mensagens temporárias, ou ainda mensagens enviadas por uma outra instância do mesmo usuário em uma situação em que não exista o sincronismo, mas apenas evidenciar o uso dos mecanismos de exclusão.

A seguir, fizemos um levantamento, dentre as conversas ainda existentes, identificando a configuração de prazo de retenção nas conversas temporárias.

Para completar o recorte, também fizemos um levantamento, dentre as conversas ainda existentes, relacionado com o uso de mídias de visualização única. Mídias de visualização única também são uma forma de exclusão automática de dados, porém, neste caso, o registro da mensagem não é removido automaticamente, apenas o seu conteúdo.

3.1. Mapeamento da amostra e identificação do recorte

Quando da execução do *script* de pesquisa, em 15 de abril de 2026, o servidor de dados consultado armazenava extrações, realizadas pelos aplicativos da *Cellebrite*, de 801 dispositivos móveis diferentes, sendo 642 dispositivos com sistema operacional *Android* (ou seja, aproximadamente 80,15% do total) e 159 com sistema operacional *iOS*.

Para ilustração do cenário de extrações em dispositivos *Android*, a Tabela 1 lista a quantidade de dispositivos por marca e a Tabela 2 lista a quantidade de dispositivos por versão do sistema operacional.

Tabela 1. Quantidade de dispositivos por marca

Marca	Total	Marca	Total
Samsung	331	Motorola	212
Xiaomi	55	LGE	33
ASUS	4	Outros	7

Tabela 2. Quantidade de dispositivos por versão do Sistema Operacional

Versão	Qtde	Versão	Qtde
5.1.1	3	10	132
6.0.1	18	11	107
7.0.0 ou 7.1.1	18+5	12	61
8.0.0 ou 8.1.0	32+49	13	78
9	80	14, 15 ou 16	46+12+1

Dentre os dispositivos *Android*, 544 apresentavam extrações completas de sistema de arquivos (o recorte utilizado para simplificar o acesso aos arquivos de banco de dados do *WhatsApp*). Ou seja, 84,74% dos dispositivos *Android* e 67,92% do total de dispositivos. Destes, 63 dispositivos não continham nenhuma base de dados do *WhatsApp*, reduzindo o recorte inicial para 481 dispositivos (ou 60,05% do total).

105 destes dispositivos continham mais de uma instalação de *WhatsApp* (foram localizados 48 tipos diferentes de instalação de bases de dados do padrão *WhatsApp*, sendo que, em um único dispositivo, foram localizadas sete instalações diferentes), totalizando 650 arquivos **msgstore.db** para serem analisados. Para ilustração dos resultados, a Tabela 3 apresenta o total de arquivos, por tipo de instalação, nos casos mais comuns.

Tabela 3. Tipos mais comumente localizados de instalação do *WhatsApp*

Tipo de instalação	Tot.
com.whatsapp/.../msgstore.db	444
com.whatsapp.w4b/.../msgstore.db	73
com.gbwhatsapp/.../msgstore.db	43
com.yowhatsapp/.../msgstore.db	8
com.ludashi.dualspace/virtual/data/user/0/com.whatsapp/.../msgstore.db	7
com.lbe.parallel.intl/parallel_intl/0/ com.whatsapp/.../msgstore.db	6
com.fmwhatsapp/.../msgstore.db	6
user/95/com.whatsapp/.../msgstore.db	5
com.ob3whatsapp/.../msgstore.db	3
user/10/com.whatsapp/.../msgstore.db	3
com.lbe.parallel.intl.arm64/parallel_intl/0/com.whatsapp/.../msgstore.db	3

Destes 650 arquivos localizados, contudo, somente 399 utilizavam o esquema da base de dados considerado para a pesquisa das métricas, consolidando a amostra de interesse em 61,38% dos arquivos localizados em 60,05% dos dispositivos periciados.

3.2. Mensagens e conversas presentes na extração

Dentre os 399 arquivos analisados, um arquivo havia registrado apenas 6 conversas, com um total de 29 mensagens. Neste arquivo, todas as conversas e todas as mensagens estavam presentes na extração, gerando uma métrica de 100% de preservação. Por outro lado, um arquivo havia registrado um máximo de 46.627 conversas, com 2.671.780 mensagens registradas. Neste arquivo, estavam presentes na extração 44.777 conversas (96,03% de preservação de conversas) e apenas 191.473 mensagens (7,17% de preservação). O conjunto de métricas relacionados com estas tabelas está apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Métricas de conversas e mensagens preservadas

Métrica	Conversas registradas	Conversas preservadas	% de preservação	Mensagens registradas	Mensagens preservadas	% de preservação
Mínimo	6	6	2,84%	29	2	0,096%
Máximo	46.627	44.777	100%	2.671.780	1.272.133	100%
Média	2.554,1	1.980,7 (77,5%)	79,90%	173.681,3	50.172,2 (28,9%)	41,35%
Mediana	894	604 (67,6%)	89,15%	32.441	9.733 (30,0%)	37,47%

Observa-se que somente 8 arquivos apresentavam 100% das mensagens preservadas. E apenas 5,76% dos arquivos apresentavam mais de 90% das mensagens preservadas. Por outro lado, 15,79% dos arquivos apresentavam menos de 10% de preservação, enquanto 5 arquivos apresentavam menos de 1% das mensagens preservadas. A Figura 1 ilustra a distribuição de preservação de mensagens na base de arquivos analisada.



Figura 1. Percentual de arquivos analisados de acordo com o percentual de mensagens preservadas em cada arquivo

3.3. Configuração de mensagens temporárias

Na estrutura de dados analisada, a tabela **chat** apresentava uma coluna contendo a configuração de tempo de retenção das mensagens presentes em cada conversa, identificando que aquele contato específico, descrito em cada linha da tabela, estaria configurado para uso de mensagens temporárias (também denominadas mensagens efêmeras). Convertendo os valores para dias de retenção, observa-se a possibilidade de configuração de três prazos distintos: 1 dia, 7 dias ou 90 dias. A Tabela 5 apresenta as métricas calculadas pela análise das 399 bases de dados consideradas, onde se destaca o fato de que 334 destas bases apresentam, no mínimo, uma conversa configurada como temporária.

Tabela 5. Métricas contabilizadas com relação ao uso de mensagens temporárias na amostra da base real de casos do IGP

	1 dia	**7 dias**	**90 dias**	**% conversas efêmeras**
1 ou mais	292	230	241	83.71%
Nenhum	107	169	158	16.29%
Média	8.85	3.87	5.61	2.87%
Máximo	269	180	360	80.00%
Mediana	2	1	1	0.72%

3.4. Mensagens de visualização única

Na estrutura de dados analisada, a tabela **message_view_once_media** armazena o registro das mensagens associadas com mídias de visualização única. Ao relacionar as mensagens presentes nessa tabela com os detalhes das mensagens presentes na tabela **message**, se observa que quatro tipos de mensagens estão sendo registrados como mensagens de visualização única: os códigos **message_type** 15 (mensagens deletadas), 42 (imagens de visualização única), 43 (vídeos de visualização única) e 82 (áudios de audição única).

Também se observa que as mensagens apagadas da tabela **message** são automaticamente apagadas da tabela **message_view_once_media**, indicando que o total de mensagens enviado neste formato foi, provavelmente, maior do que o total localizado no banco de dados. Por outro lado, a tabela **message** possui alguns registros que não estão presentes na tabela **message_view_once_ media**, principalmente no **message_type** 15, no qual 182.173 mensagens ainda presentes na tabela **message** não estão registradas na outra tabela, sugerindo que esse tipo de mensagem não era classificado, originalmente, como uma mídia de visualização única. A Tabela 6 agrupa as métricas calculadas sobre estes dados.

Tabela 6. Métricas contabilizadas sobre o uso de mensagens de visualização única na amostra da base real de casos do IGP

	Tipo da mensagem (*view_once*)			
	15	42	43	**82**
1 ou mais	40	290	223	119
Nenhum	359	109	176	280
Total	227	54663	16302	10110
Média	0,57	137,0	40,9	25,3
Máximo	89	9147	4295	1634
Mediana	0	6	1	0

No total, 74,69% das bases de dados analisadas apresentavam pelo menos um registro de mídia de visualização única, e 90,23% das bases analisadas apresentavam pelo menos uma mensagem armazenada dentre os tipos de mensagens de visualização única.

Na média, 0,40% das mensagens presentes em cada uma das bases de dados analisadas estavam registradas na tabela de visualização única, com um caso máximo de 11,49%. Com relação a presença de mensagens dos tipos considerados, na média, 2,20% das mensagens presentes eram de um destes quatro tipos, com um caso máximo de 40,05%.

5. CONCLUSÕES

Ao constatarmos que 83,71% das bases de dados analisadas apresentam pelo menos uma conversa configurada como temporária, sendo que 73,18% destas

bases com retenção de apenas um dia; e ao verificarmos que 74,69% dessas bases possuem pelo menos uma mídia de visualização única, explicitamos o risco de desaparecimento, antes da extração, de mensagens com possível interesse criminalístico em cerca de ¾ dos dispositivos móveis analisados neste departamento de criminalística. Estes números tornam explícita a necessidade de um fluxo diário de extração de dados de dispositivos móveis, realizando a coleta no mesmo dia da apreensão, para evitar que o dispositivo apague estas mensagens.

Corroboramos, assim, a percepção apresentada em [7], ao afirmar que, para os dispositivos digitais, "o fator tempo não é neutro", e orientando o que não fazer: "postergar o acesso pericial ao dispositivo e, com isso, degradar, às vezes irreversivelmente, a possibilidade de obtenção, validação e contraditório".

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os colegas do Instituto-Geral de Perícias do Rio Grande do Sul que colaboraram para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] D.R.S.Avelar; G.A.Wanderley; M.Saad; V.R.L.P.Marinho. Fundamentalismo de dados e a admissibilidade da prova digital. *Site Consultor Jurídico* (28/02/2026). Retirado em 25/03/2026, de https://www.conjur.com.br/2026 fev 28/fundamentalis-mo de dados e a admissibilidade da prova digital/.

[2] A.Al-Dhaqm; S.A.Razak; R.A.Ikuesan; V.R.Kebande; e K.Siddique. "A review of mobile forensic investigation process models". IEEE Access, 8 (2020). doi:10.1109ACCESS.2020.3014615. Retirado em 23/04/2026, de https://www.researchgate.net/ publication/ 343494168 A Review of Mobile Forensic Investigation Process Models / fulltext / 5f2cbf26a-6fdcccc43b02b90 / A Review of Mobile Forensic Investigation Process Models.pdf

[3] D.Sudiana; C.H.Nuruddin; M.Rizkinia; D.Husna. "Forensic Analysis of WhatsApp Disappearing Message on Unrooted Android Using Mobile Device Forensics Methodology NIST SP 800-101r1". *EVERGREEN Joint Journal of Novel Carbon Resource Sciences & Green Asia Strategy*, Vol. 11, Issue 01, pp516-524 (2024). Disponível em https://www.tj.kyushu-u.ac.jp/evergreen/ contents/EG2024-11_1_ content/pdf/ pp516-524.pdf

[4] C.Anglano. "Forensic Analysis of WhatsApp Messenger on Android Smartphones". *Digital Investigation Journal*, Vol. 11, No. 3, pp. 201–213 (2014). doi:10.1016/j.diin.2014.04.003. Retirado em 25/04/2026, de https://www.researchgate.net/ publication/262641460 Forensic Analysis of WhatsApp Messenger on Android Smartphones

[5] H.Heath; Á.MacDermott; A.Akinbi. "Forensic analysis of ephemeral messaging applications: Disappearing messages or evidential data?". *Forensic Science International: Digital Investigation*, Elsevier, V. 46, p.301585 (2023). Retirado em 25/04/2026, de http://dx.doi.org/10.1016/j.fsidi.2023.301585.

[6] E. Yanwardhana, "Waduh! fitur whatsapp ini disebut bikin selingkuh lebih aman". *Site CNBC Indonesia - Notícias de Tecnologia* (25/06/2022). Retirado em 26/04/2026 de https://www.cnbcindonesia. com/ tech/20220625173835-37-350330/waduh-fitur-whatsapp-ini-disebut-bikin-selingkuh-lebih-aman com tradução automática do *Google* para Português.

[7] L.M.B.Stefano; P.B.Mourão; A.M.da Rosa. Quando a flecha do tempo compromete a prova digital. *Site Consultor Jurídico* (27/02/2026). Retirado em 02/03/2026, de https://www.conjur.com.br/ 2026_ fev_27/quando_a_flecha_do_tempo_compromete_a_ prova_digital/.

T. S. S. Freire, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Diarização não supervisionada de embeddings de voz aplicada à comparação forense de locutores

T. S. S. Freire*

Perícia Forense do Estado do Ceará – Núcleo de Perícia Audiovisual Forense, Fortaleza (CE), Brasil
**Endereço de email para correspondência: tiago.samir@pefoce.ce.gov.br. Tel.: +55-85-99653-5960.*

Palavras-chave: comparação de locutor; embedding de áudio; redução de dimensionalidade; rede neural.

1. INTRODUÇÃO

O exame de comparação locutores constitui uma tarefa complexa e minuciosa no âmbito das perícias audiovisuais. É necessária uma análise de parâmetros acústicos, prosódicos e sociolinguísticos, seguindo protocolos metodológicos criteriosos, para que seja formado um perfil vocal mínimo dos indivíduos investigados. Embora consolidada, essa abordagem é trabalhosa e demanda tempo significativo do perito, especialmente em casos que envolvem grande quantidade de registros de áudio, múltiplos interlocutores e repetições de vozes de um mesmo falante em arquivos distintos.

Na prática pericial, é comum uma única investigação composta por dezenas ou centenas de arquivos, muitos deles com trechos curtos de fala, sobreposição de locutores ou baixa qualidade de gravação. Em diversas situações, a quantidade de fala líquida disponível sequer permite evidenciar um perfil vocal mínimo válido. Se tais registros curtos puderem ser somados como sendo de um mesmo grupo com similaridade validada, a formação do perfil vocal passa a ter resultado com maior eficácia para a posterior comparação.

Diante desse cenário, técnicas modernas de inteligência artificial têm se mostrado ferramentas promissoras para otimizar a triagem preliminar dos registros de áudio. Embeddings de voz, gerados por redes neurais, permitem representar características acústicas de forma compacta e comparável, possibilitando a aplicação de métodos de agrupamento e redução de dimensionalidade para identificar padrões de similaridade entre áudios distintos. Outro benefício é que esses métodos conseguem caracterizar registros mesmo com pouco tempo de fala líquida — a partir de 3 segundos — ampliando a aplicabilidade da triagem inicial em situações nas quais a análise tradicional seria inviável.

Este trabalho apresenta uma abordagem de diarização não supervisionada baseada em embeddings de voz [1], aplicada à etapa preliminar da comparação de locutores. A proposta permite agrupar de forma automatizada registros com maior proximidade acústica, facilitando a identificação de áudios potencialmente relevantes no exame e reduzindo o volume de material para posterior análise perfil e etiquetagem da sociolinguística. Além disso, descreve-se um sistema desenvolvido para operacionalizar essa triagem, integrando extração de embeddings, agrupamento e visualização multidimensional em uma interface prática e acessível.

O objetivo é demonstrar como a utilização de técnicas de aprendizado de máquina pode tornar a triagem inicial das vozes mais eficiente, reduzindo o tempo de trabalho do perito sem comprometer a qualidade analítica, e contribuindo para maior padronização e eficácia dos exames periciais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Embeddings de voz e representações acústicas

Embeddings de voz são vetores numéricos multidimensionais capazes de codificar propriedades acústicas relevantes de um locutor. Esses vetores são gerados por redes neurais pré-treinadas, como modelos

do tipo ECAPA-TDNN [2], amplamente utilizados na identificação biométrica e verificação de locutor.

Diferentemente dos parâmetros acústicos tradicionais — como formantes, frequência fundamental ou medidas prosódicas — os embeddings sintetizam padrões complexos do sinal de fala em um espaço vetorial que facilita comparações diretas entre diferentes registros e permite comparar áudios mesmo com fala líquida curta.

2.2 Diarização não supervisionada

A diarização de áudio consiste em segmentar um registro de áudio em partes atribuídas a diferentes locutores. No cenário forense, onde não há dados de referência e os registros podem conter ruído ou sobreposição de vozes, abordagens não supervisionadas tornam-se mais adequadas.

Nessa diarização não supervisionada, cada segmento de áudio é convertido em um embedding, e a separação entre grupos de locutores é dada partir da similaridade matemática entre esses vetores. Assim, segmentos pertencentes ao mesmo indivíduo tendem a formar agrupamentos naturais no espaço vetorial.

2.3 Agrupamento e métricas de similaridade

A etapa de agrupamento (*clustering*) é muito importante na diarização não supervisionada. Métodos de agrupamento, como k-means [3], permitem organizar embeddings em grupos coerentes. A proximidade entre vetores pode ser avaliada por métricas como distância euclidiana ou similaridade cosseno. Essas técnicas auxiliam na identificação de registros com maior proximidade acústica, facilitando a triagem dos áudios.

2.4 Redução de dimensionalidade

Embeddings de voz costumam possuir centenas de dimensões, o que dificulta sua visualização e análise. Técnicas de redução de dimensionalidade, como PCA (Principal Component Analysis) [4], t-SNE (t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding) [5] e UMAP (Uniform Manifold Approximation and Projection) [6], permitem projetar os vetores em espaços bidimensionais ou tridimensionais, preservando relações estruturais relevantes e facilitando a visualização dos agrupamentos formados e interpretação dos padrões de similaridade entre os áudios investigados.

3. METODOLOGIA

O trabalho representa um estudo analítico-descritivo, com abordagem experimental, voltado à avaliação da aplicabilidade de técnicas de diarização não supervisionada para triagem preliminar em exames de comparação de locutores. A presente análise foi conduzida entre janeiro e março de 2026.

3.1 Material avaliado

Foram utilizados registros de áudio contendo diferentes falantes, homens e mulheres, com durações variadas de fala líquida. O conjunto incluiu áudios de quantidade de tempo variados (entre 5 e 20 segundos), simulando cenários comuns na rotina pericial, incluindo áudios com fala líquida insuficiente para a construção de um perfil vocal minimamente aceitável.

3.2 Extração dos embeddings, diarização e visualização do agrupamento

Cada arquivo de áudio foi processado por uma rede neural do tipo ECAPA-TDNN [2], pré-treinada para verificação de locutor. O modelo gera, para cada registro, um vetor de 192 dimensões, representando características relevantes do sinal de fala.

Os embeddings foram normalizados e submetidos a métodos de agrupamento não supervisionado, para identificar conjuntos com maior similaridade acústica. A proximidade entre vetores foi avaliada por métricas como distância euclidiana e similaridade cosseno. A definição do número ideal de grupos (clusters) considerou medidas de coesão intragrupal, como o coeficiente de silhueta.

Para facilitar a interpretação dos agrupamentos, os embeddings foram projetados em espaços 2D e 3D por meio de técnicas de redução de dimensionalidade, como PCA [4], t-SNE [5] e UMAP [6]. As representações resultantes permitiram visualizar a separação entre locutores e avaliar a consistência dos agrupamentos formados.

3.3 Etapas da análise

O processo metodológico utilizado compreende as seguintes etapas:

- Pré-processamento dos arquivos de áudio;
- Extração dos embeddings com 192 dimensões;
- Normalização dos vetores;
- Cálculo de similaridade;
- Agrupamento não supervisionado;
- Projeção visual em 2D/3D;
- Interpretação dos grupos criados.

Essas etapas foram posteriormente inseridas em um sistema computacional, permitindo sua aplicação prática na triagem inicial de registros de áudio para otimização dos exames de comparação de locutores.

4. SISTEMA DESENVOLVIDO

Com o objetivo de operacionalizar a triagem preliminar dos áudios, foi desenvolvido um sistema computacional que executa no carregamento dos arquivos: a extração dos embeddings de 192 dimensões por meio do modelo ECAPA-TDNN [2]; o agrupamento não supervisionado; e a apresentação visual dos resultados. A aplicação foi implementada em ambiente Python, utilizando bibliotecas próprias para processamento de áudio e visualização multidimensional.

Após a geração dos embeddings, os vetores são normalizados e submetidos a algoritmos de agrupamento, permitindo identificação das similaridades por área. Em seguida, a redução de dimensionalidade é aplicada, criando as representações bidimensionais ou tridimensionais, à critério do usuário, que facilitam a interpretação visual dos grupos.

A interface básica foi gerada em *Streamlit*, possibilitando ao perito carregar os áudios, visualizar os embeddings de cada um dos arquivos, ajustar parâmetros de número de clusters, escolher técnica de redução e observar as respostas do sistema. A aplicação foi criada para auxiliar especificamente essa etapa inicial do exame de comparação de locutor, permitindo ao perito otimizar seu trabalho de formação de perfil vocal com foco apenas nos registros potencialmente relevantes e reduzindo o tempo total de análise.

5. RESULTADOS

A avaliação do número ideal de clusters foi realizada por meio do coeficiente de silhueta, calculado para valores de k entre 2 e 10. A Figura 1 apresenta a curva resultante, na qual se observa um pico principal em k = 4, indicando essa como a melhor separação entre grupos. Um segundo pico menor aparece em k = 8, porém com menor estabilidade e interpretação diversa, reforçando a escolha de quatro clusters como solução mais adequada.

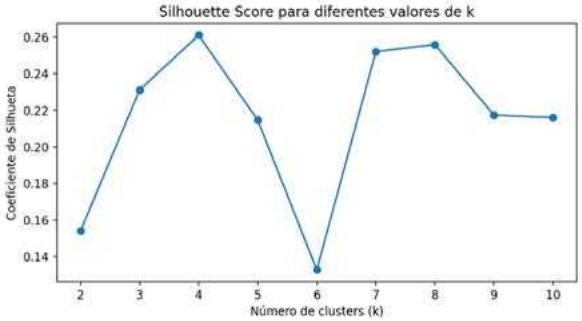


Figura 1. Curva de silhueta para valores de K.

Em seguida, os embeddings de 192 dimensões foram projetados em duas dimensões utilizando as três técnicas distintas de redução de dimensionalidade. As Figuras 2, 3 e 4 apresentam as projeções obtidas para k = 4, usando PCA, UMAP e t-SNE, respectivamente. Em todas as técnicas, a estrutura dos dados se manteve consistente, revelando quatro grupos naturais:

- M1 gerou um cluster isolado;
- M2 gerou outro cluster isolado;
- H2 apresentou características acústicas suficientemente distintas para compor um cluster próprio;
- H1 e H3 permaneceram agrupados no mesmo cluster em todas as projeções.

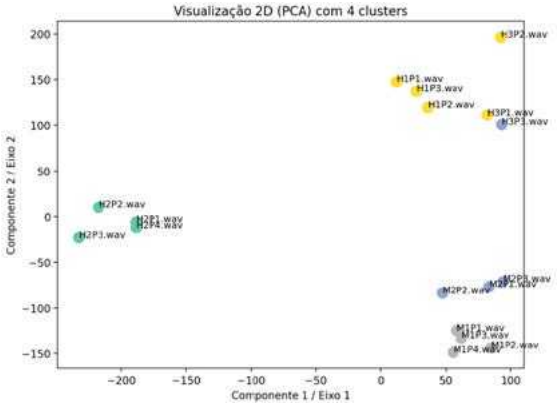


Figura 2. Resultado PCA dos embeddings para k=4.

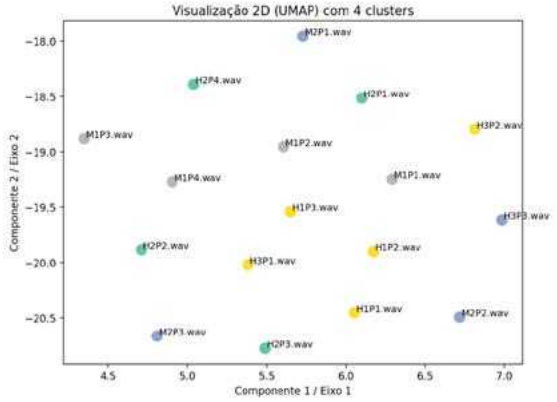


Figura 3. Resultado UMAP dos embeddings para k=4.

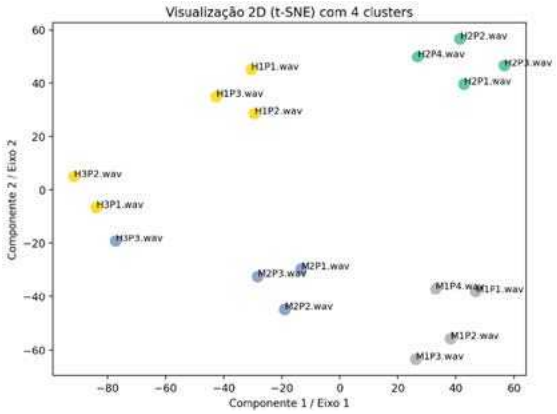


Figura 4. Resultado t-SNE dos embeddings para k=4.

Essa convergência entre métodos reforça a robustez da solução com quatro clusters, independentemente da técnica de projeção utilizada. Além disso, observou-se que mesmo trechos curtos de fala líquida (entre 1 e 5 se-

gundos) foram suficientes para gerar embeddings consistentes, capazes de preservar a separação entre locutores. Esse comportamento reforça a aplicabilidade da abordagem em cenários forenses com áudio limitado.

Quando o número de clusters foi forçado para k = 5, observou-se fragmentação artificial dos grupos, incluindo clusters com poucos pontos ou até mesmo um único elemento, especialmente nas projeções t-SNE. Esse comportamento caracteriza overclustering, indicando que a estrutura natural dos dados avaliados não comporta cinco grupos distintos, apesar da quantidade real conhecida de locutores.

6. DISCUSSÃO

Embora o conjunto analisado contenha cinco locutores distintos (três homens e duas mulheres), a análise de silhueta indicou uma solução ótima em quatro clusters, resultado confirmado pelas projeções em PCA, UMAP e t-SNE. Em todas as técnicas, observou-se a formação consistente de quatro grupos acústicos naturais, nos quais H1 e H3 foram agrupados em um mesmo cluster, sugerindo maior similaridade vocal entre eles, enquanto M1, M2 e H2 formaram grupos distintos.

A tentativa de utilizar k = 5 resultou em clusters menores e menos estáveis, incluindo divisões artificiais e até grupos com apenas um ponto, caracterizando overclustering. Assim, a solução com k = 4 mostrou-se mais estável, interpretável e coerente com a estrutura natural dos dados.

Mesmo com trechos curtos de fala líquida (1 a 5 segundos), os embeddings mantiveram consistência suficiente para preservar a separação entre locutores, reforçando a aplicabilidade da abordagem em cenários forenses com áudio limitado. Esses resultados indicam que a diarização não supervisionada pode otimizar a triagem inicial dos exames de comparação de locutor, permitindo ao perito concentrar esforços nos registros mais relevantes, sem substituir a análise técnica tradicional.

7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos evidenciam que a utilização de embeddings de voz e técnicas de agrupamento não supervisionado pode auxiliar de forma eficaz a triagem preliminar dos exames. Apesar da presença de cinco indivíduos distintos no conjunto analisado, a estrutura natural dos dados revelou quatro grupos acústicos, com H1 e H3 apresentando forte similaridade vocal. A solução com k = 4 mostrou-se mais estável e coerente do que k = 5, que gerou clusters artificiais e pouco interpretáveis.

Mesmo com trechos curtos de fala líquida, os embeddings mantiveram consistência suficiente para distinguir locutores, reforçando a aplicabilidade da abordagem em casos reais composto por comunicação comum de áudio entre indivíduos investigados. Assim, o sistema desenvolvido contribui na análise pericial dos áudios, reduzindo o tempo de uma etapa preliminar fundamental da perícia e direcionando o perito aos registros evidenciados como mais relevantes, sem substituir a avaliação técnica especializada do exame.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente à organização do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística pelo fomento na troca de conhecimentos com os trabalhos científicos e inovações de toda a classe pericial do País. Agradeço à Perícia Forense do Estado do Ceará (PEFOCE) e aos colegas peritos criminais e auxiliares de perícia do Núcleo de Perícia Audiovisual Forense (NUPAF) pelo apoio técnico durante o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também a todos que contribuíram voluntariamente com as gravações de áudio, discussões, testes e validações preliminares do sistema, possibilitando a consolidação dos resultados buscados e apresentados neste trabalho. Por fim, agradeço igualmente ao Sindicato dos Peritos Oficiais do Estado do Ceará por toda assistência e encorajamento no desenvolvimento científico da categoria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Anguera, X.; Bozonnet, S.; Evans, N.; Fredouille, C.; Friedland, G.; Vinyals, O. *Speaker Diarization: A Review of Recent Research*. IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, v. 20, n. 2, p. 356–370, 2012.

[2] Desplanques, B.; Thienpondt, J.; Demuynck, K. *ECAPA-TDNN: Emphasized Channel Attention, Propagation and Aggregation in TDNN-Based Speaker Verification*. Interspeech, 2020.

[3] Lloyd, S. *Least Squares Quantization in PCM*. IEEE Transactions on Information Theory, v. 28, n. 2, p. 129–137, 1982.

[4] Jolliffe, I. T. *Principal Component Analysis*. Springer Series in Statistics, Springer, 2002.

[5] van der Maaten, L.; Hinton, G. *Visualizing Data using t-SNE*. Journal of Machine Learning Research, v. 9, p. 2579–2605, 2008.

[6] McInnes, L.; Healy, J.; Melville, J. *UMAP: Uniform Manifold Approximation and Projection for Dimension Reduction*. arXiv:1802.03426, 2018.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Corpus Forense do Ceará: um banco de vozes para a validação de Perícias Fonéticas

C. N. Almeida Filho[a,*]

[a]*Perícia Forense do Estado do Ceará, Secretaria de Segurança Pública e Defesa Social, Ceará (CE), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: celiorogeriof@gmail.com. Tel.: +55-85-98581-7778.*

Palavras-chave: Comparação de Locutor; Banco de voz; Dataset.

1. INTRODUÇÃO

A comparação forense de vozes é uma área da Fonética Forense que busca estabelecer se duas ou mais amostras de voz pertencem ao mesmo indivíduo. O paradigma científico moderno para essa análise apoia-se na abordagem bayesiana e na Razão de Verossimilhança (RV), que permite quantificar a força da evidência de forma objetiva e interpretável [1,2].

No Brasil, a perícia de voz ainda carece de bases estatísticas robustas derivadas de populações locais, o que fragiliza a fundamentação científica de laudos e pesquisas. A construção de um corpus com falantes do Brasil, em especial do Ceará, representa um passo fundamental para suprir essa lacuna, especialmente considerando as variações linguísticas e fonéticas regionais [3].

O presente trabalho descreve a metodologia de coleta e estrutura do Corpus Forense do Ceará (CFC), corpus este, feito sob medida para a validação de pesquisas e laudos na área da fonética forense.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem os seguintes objetivos:

- Construir o Corpus Forense do Ceará (CFC), um banco de amostras de vozes de falantes do Brasil, com maior ênfase no estado do Ceará para suporte a comparações forenses de voz da PEFOCE;
- Fomentar a aplicação de diferentes arquiteturas de comparação locutor por ferramentas automáticas e semiautomáticas;
- Validar e quantificar estatisticamente o resultado de laudos, artigos e teses no contexto forense. Fomentado o cálculo de métricas recomentadas pelo ENFSI[4] como: CLLR, curva ROC, DET e log(LR);
- Contribuir para a consolidação de metodologia científica em perícias de voz no Brasil, com potencial de fomento a dissertações de mestrado e teses de doutorado.

3. MATERIAIS E FORMATAÇÃO

3.1 Materiais

A coleta do CFC utiliza o gravador TASCAM modelo DR-40X configurado na seguinte forma:

- Monoaural;
- Uso do Microfone embutido;
- Codec: Linear PCM;
- Container: WAV - Waveform Audio File Format;
- Taxa de Amostragem: 44,1 kHz
- Taxa de bits: 16 bits;
- Limitação de pico de onda;
- Controle de sensibilidade manual;
- Cabo de alimentação;
- Memória tipo SD Card.

3.2 Características registradas dos locutores

Com o intuito de fomentar diferentes estratificações em trabalhos futuros. As seguintes características do locutor são registradas e planilha:

- ID: número único para cada locutor;
- Sexo;
- Data de nascimento;
- Estado federativo de nascimento;
- Município de nascimento;
- Grau de Escolaridade:
- Sem estudo;
- Ensino Fundamental;
- Ensino Médio;
- Ensino Superior
- Pós-graduação.

3.3 Estrutura dos arquivos

Com o intuito de facilitar o processamento e o entendimento por parte dos peritos, tomou-se a decisão de que o título das gravações representará o perfil do locutor em questão. Um exemplo é apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Titulação das amostras

Status		ID		Tipo de Gravação		Estado		Graduação		Sexo		Idade
r	-	0025	-	2	-	ce	-	04-p	-	m	-	57

3.4 Tipos de Gravação

A similaridade da base com as condições das gravações analisadas é uma questão muito relevante para a confiabilidade dos cálculos estatísticos [1,3]. Então, cada cedente apresenta diferentes amostras classificadas de acordo com a situação gravada:

- Tipo 1: locutor sem sintomas de doenças respiratórias falando naturalmente em ambiente controlado (Duração: ~5min);
- Tipo 2: locutor sem sintomas de doenças respiratórias falando naturalmente em ambiente controlado em intervalo de pelo menos 72h após a coleta tipo 1 (Duração: ~5min);
- Tipo 3: locutor com sintomas de doenças respiratórias (Duração: ~5min);
- Tipo 4: locutor falando em ambiente aberto ruidoso (Duração: ~2min);
- Tipo 5: gravação cedida por meio do aplicativo Whatsapp utilizando o seu próprio celular em ambiente não controlado (Duração: >5s).

É recomendável que outros tipos de gravação fossem realizados [3], como a simulação de depoimentos, oitivas e conversas informais. Entretanto, não foi possível estabelecer estrutura para tal.

Quanto ao status, tal classificação remonta ao nível de processamento que a amostra se encontra. A letra r (raw) significa que a amostra não sofreu processamento após o seu armazenamento original.

Antes do armazenamento, a amostra ocasionalmente sofre cortes caso o cedente revele alguma informação íntima ou a gravação tenha sido perturbada por ruídos/falas externas.

4. GRAVAÇÃO DA AMOSTRA

4.1 Apresentação e termo de consentimento livre e esclarecido

Inicialmente, o cedente é convidado informalmente a participar do projeto por meio de publicidade interna dentro do órgão.

Após o cedente se apresentar, uma suscinta explanação do projeto e suas futuras aplicações é feita. O cedente é convidado a assinar o TCLE, podendo ficar com uma cópia e/ou tirar uma foto do seu termo.

Após a assinatura do termo, o coletor registra as informações do perfil do cedente em tabela digital que gera automaticamente o título do arquivo de áudio.

4.2 Condução da coleta

O coletor liga o equipamento, verifica o nível de ruído ambiente e ajusta a sensibilidade do microfone para melhorar a relação sinal/ruído. Após tudo revisado, a gravação é iniciada. O cedente é instruído a:

Falar da forma mais natural possível;

Não fornecer informações pessoais como nomes, endereços, telefones, CPFs etc.

O cedente é incentivado a falar quaisquer histórias do cotidiano;

Uma resma com aproximadamente 50 perguntas e imagens é apresentada ao cedente;

O cedente é informado que ele(a) pode ler as perguntas em voz alta e depois responder;

O cedente é informado que a gravação não se trata de um depoimento e este deve responder de forma prolixa e natural;

O cedente é informado que ele não tem compromisso com a verdade durante a gravação e deve apenas atentar a falar de forma natural sem longas pausas;

O cedente é informado que não pode ler textos longos ou cantar.

4. CONCLUSÕES

Um banco de vozes é ferramenta essencial para a validação de laudos, algoritmos e novas metodologias ligadas à fonética forense. A confiabilidade da validação está diretamente ligada à similaridade entre o dataset e o sinal analisado. Até o momento, o Corpus Forense do Ceará apresenta 354 gravações estratificadas no perfil apresentado na tabela 2.

AGRADECIMENTOS

Em primazia, agradeço a todos os voluntários que gentilmente cederam amostras a este trabalho.

Continuamente, fico grato pela oportunidade de participar deste grandioso e relevante evento que é o XXVII Congresso Nacional de Criminalística, estendendo ao apoio dado pela Perícia Forense do Estado do Ceará, disponibilizando equipamentos, ferramentas e laboratórios para pesquisas de melhorias nesta crescente área de multimídia forense. Também ressalto a importância do apoio do Sindiperitos Ceará pelo apoio e incentivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] G.S. Morrison et al. Consensus on validation of forensic voice comparison. Sci. Justice 61: 299-309 (2021).

[2] K. Martire; B. Newell. What is the best way to present likelihood ratios? Pract. Psychol. Crim. Justice (2021).

[3] G.S. Morrison; E. Enzinger. Database selection for forensic voice comparison. J. Acoust. Soc. Am. (2019).

[4] ENFSI. Guidelines for Forensic Automatic Speaker Recognition. ENFSI (2021).

[5] G.S. Morrison. What is the relevant population? Considerations for likelihood ratio computation. Forensic Sci. Int. (2009).

[6] G.S. Morrison; P. Rose; C. Zhang. Protocol for the collection of databases of recordings for forensic-voice-comparison research and practice. Aust. J. Forensic Sci. 44: 155-167 (2012).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Desbloqueio de dispositivos móveis e extração avançada de dados: análise forense em ambientes android e ios

I. R. Maciel*

*Polícia Científica do Estado do Pará, Brasil
Email: ibsen.maciel@policiacientifica.pa.gov.br - Tel: 55-21-964787006.

Palavras-chave: Computação Forense; Mobile Forensics; AFU; BFU; Extração de Dados

1. INTRODUÇÃO

A perícia em dispositivos móveis insere-se na área de Perícias Computacionais, sendo atualmente um dos principais vetores de produção de prova digital. A evolução dos mecanismos de segurança, como criptografia full-disk e secure enclave, impõe limitações técnicas relevantes à extração de dados. Este estudo apresenta análise aplicada de técnicas de desbloqueio e extração em cenários reais, com ênfase na preservação da cadeia de custódia.

2. METODOLOGIA

2.1 - Brutal Force (Força Bruta)

Um ataque de força bruta consiste em todo e qualquer método usado por um invasor para descobrir uma senha, uma chave criptográfica ou outro tipo de informação sigilosa, por meio de tentativa e erro. Como exemplo, pense em um cofre que exige uma combinação de quatro números como senha. Essa combinação pode ir de 0000 a 9999, portanto. Agora, imagine um ladrão tentando abrir esse cofre. Ele não consegue arrombar a porta, então decide testar todas as combinações possíveis (0000, 0001, 0002, 0003, …) até descobrir aquela que abre o cofre.

Podemos dizer que esse é um tipo ataque de força bruta. Rudimentar, trabalhoso e pouco eficiente, mas não deixa de ser interessante. Se não tiver sorte, o ladrão levará dias ou semanas tentando e errando até encontrar a combinação certa

Exemplo:

Senha a ser encontrada: 2329

Ataque: 0000
1000
2000 -> OK
2100
2200
2300 -> OK
2300
2310
2320 -> OK
2321
2322
.....

2.2 - Lock Bypass

É o contorno de senha, onde a ferramenta forense não quebra, apenas contorna e coleta as informações do aparelho através de uma extração física, deixando a senha íntegra ainda no aparelho.



Figura 1 – Técnica Lock Bypass

2.3 AFU vs BFU

AFU (hot) - Ocorre quando que o usuário insere a senha correta após uma reinicialização ou inicialização. O dispositivo está em um estado "quente", com informações armazenadas na memória. Os arquivos não são criptografados, facilitando a extração de dados por ferramentas forenses. Uma extração AFU contém a maioria dos dados gerados pelo usuário, como chats, imagens, vídeos e dados de navegação, etc.

ACEITA:

-BF (FORÇA BRUTA)

-LOCK BYPASS



Figura 2 – Aparelho em estado AFU

BFU (cold) - O dispositivo está em um estado "frio", com a maioria dos dados criptografados. O dispositivo está em um nível de proteção muito mais alto. O BFU bloqueia recursos como FaceID e TouchID. O estado AFU pode mudar para BFU se o dispositivo for desligado. Isso pode levar à perda de muitas informações potenciais. O recurso de segurança nativo do sistema BFU evita o roubo de informações dos usuários em caso de perda ou furto.

ACEITA:

-BF (FORÇA BRUTA)

OBS: apenas alguns modelos de aparelhos IOS.



Figura 3 – Aparelho em estado BFU

2.4 -

Foram avaliados 3 dispositivos (Android e iOS) em condições AFU e BFU. Foram aplicadas técnicas de força bruta e lock bypass. Ferramentas: Cellebrite, XRY, PC3000 e GrayKey.



Figura 4 – Comparação entre estados AFU e BFU.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 -

Taxa de sucesso: 100% (3/3 dispositivos). Tempo médio de desbloqueio BFU: 6–18 horas. Tempo médio AFU: <1 hora. Volume médio de dados extraídos: 8–64 GB.

Observou-se que dispositivos em estado BFU demandam maior esforço computacional e tempo, enquanto AFU permite acesso ampliado com menor custo operacional.

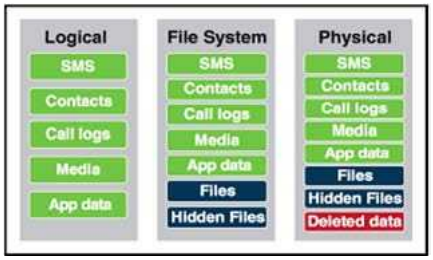


Figura 5 – Fluxo metodológico de extração forense.

3.2 – Caso de uso 1.0

Celular Samsung A03 chipset Samsung (Exynos), estava frio, ou seja, em modo BFU, pertencente a um faccionado, com desbloqueio apenas por uma ferramenta forense na época (2024). Obteve-se sucesso com a ferramenta PC3000 – Mobile Pro, através da técnica de Força Bruta.

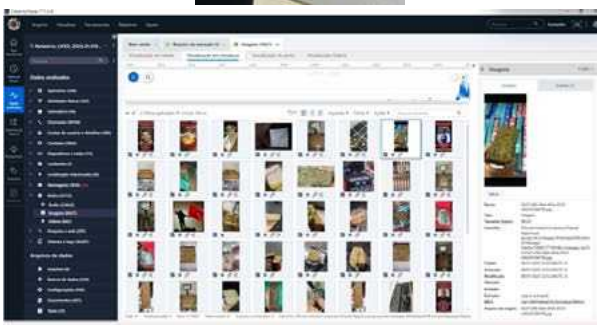


Figuras 6 e 7 – Caso de uso PC-3000

3.3 – Caso de uso 2.0

Celular Iphone XR com chipset A11 Bionic, estava frio, ou seja, em modo BFU, pertencente a um faccionado. Obteve-se sucesso com a ferramenta Cellebrite Inseyets, através da técnica de BF (Força Bruta).





Figuras 8 e 9 – Caso de uso Cellebrite Inseyets

3.4 – Caso de uso 2.0

Celular Iphone 15 Pro Max com chipset A17 Pro, estava quente, ou seja, em modo AFU, pertencente a um influencer. Obteve-se sucesso com a ferramenta Cellebrite Inseyets, através da técnica de Lock Bypass.





Figuras 10 e 11 – Caso de uso Cellebrite Inseyets

4. CONCLUSÕES

Os resultados corroboram que o estado lógico do dispositivo é fator determinante na estratégia pericial. A padronização de procedimentos e a correta seleção de ferramentas elevam significativamente a eficiência da perícia.

REFERÊNCIAS

[1] Eleotério & Machado (2011).
[2] Figueiredo & França Jr. (2022).
[3] Dalla Vecchia (2024).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

iOS com Proteção Contra Roubo Ativa: Metodologia para Extração e Pós-Processamento de Conversas do WhatsApp.

N. P. C. Neto[a,*], L. H. S. Almeida[a,**]

[a] *Instituto de Criminalística, Polícia Científica do Pará, Belém (PA), Brasil*
[*] *Endereço de e-mail para correspondência: natanael.neto@policiacientifica.pa.gov.br. Tel.: +55-91-98112-3922.*
[**] *Endereço de e-mail para correspondência: lucila.almeida@policiacientifica.pa.gov.br. Tel.: +55-91-98148-8791*

Palavras-chave: Computação Forense; iPhone; WhatsApp; Proteção contra Roubo; Programação; Cadeia de Custódia.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho relata um estudo de caso pericial envolvendo um dispositivo iPhone Pro 16 Max, com iOS 18.5 e *passcode* conhecido, porém configurado com a funcionalidade "Proteção de Dispositivo Roubado" (*Stolen Device Protection*), a qual impediu a extração lógica e/ou física por ferramentas comerciais consagradas, como o *Cellebrite Inseyets UFED*, devido à exigência de biometria facial e ao fato de não estar em um local familiar.

Nesse cenário, com a impossibilidade de utilização de métodos e ferramentas convencionais para extração de dispositivos de telefonia móvel, como proceder a realização da perícia? Resultaria em perícia prejudicada? Como contornar essa barreira de segurança imposta pela fabricante do dispositivo? E a cadeia de custódia, teria algum prejuízo?

Foram questionamentos como esses que levaram a documentação da metodologia utilizada nesse caso real, visando incrementar a caixa de ferramentas dos peritos, usada para transpor barreiras de segurança impostas pelos dispositivos atuais, em situações onde as ferramentas convencionais não nos atendem.

Destaca-se que será dado o enfoque aos procedimentos relacionados às conversas do aplicativo *WhatsApp*, não tratando – no escopo desse trabalho – dos demais item trabalhados na perícia do dispositivo.

2. UMA BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO

Esse dispositivo foi apreendido durante uma operação policial, na posse de um funcionário de uma agência bancária do interior do Maranhão, em julho de 2025, suspeito de participação em uma fraude bancária, ocorrida na sua própria agência, onde foram realizadas – em poucos minutos – diversas transações fraudulentas, transferindo um montante de mais de R$106 milhões de clientes desta instituição bancária, residentes principalmente do estado do Pará, para contas em diversos outros bancos.

Durante a realização de perícia de local de informática na agência bancária, foi possível identificar o local onde o dispositivo utilizado na fraude (um roteador *Mikrotik* com um modem para Internet móvel) foi conectado à rede interno da agência e, juntamente com as imagens das câmeras de segurança, foi possível identificar quem era o suspeito.

No momento da prisão do suspeito e apreensão do dispositivo, o mesmo confessou a sua participação na fraude – tendo apenas a função de possibilitar o acesso à rede interna da agência bancária e de liberar a senha para realização das transações – fornecendo, então, a senha de acesso ao dispositivo objeto deste estudo, o qual foi encaminhado para perícia no laboratório da Polícia Científica do Pará.

Já no laboratório, verificou-se que, devido ao dispositivo estar com a proteção contra dispositivo roubado ativada, não era possível realizar a configuração da atribuição de confiança no *Cellebrite Inseyets UFED*, necessária para o acesso ao dispositivo pela ferramenta.

Diante da impossibilidade de utilização da ferramenta, adotou-se uma metodologia para a extração manual, baseada na operacionalização do dispositivo, com o registro fotográfico da operação e exportação

nativa de dados do aplicativo WhatsApp, bem como do uso de uma ferramenta – desenvolvida em linguagem Java – para a leitura dos arquivos de texto (.txt) e a correlação automatizada com os respectivos arquivos de mídia, gerando um relatório – em formato HTML – que mimetiza a interface do aplicativo original, facilitando o entendimento das conversas extraídas.

3. O OBSTÁCULO IMPOSTO PELO SDP (*STOLEN DEVICE PROTECTION*)

Lançada pela Apple no iOS 17.3, a funcionalidade *Stolen Device Protection* (SDP) introduziu uma camada de segurança crítica, que altera a resposta do dispositivo em ambientes não confiáveis (locais onde o usuário não costuma frequentar).

3.1. Pilares de Restrição

A arquitetura do SDP se baseia em dois mecanismos que impactam diretamente a perícia:

- Biometria obrigatória: operações sensíveis (como alteração de senhas, acesso ao *iCloud Keychain* e configurações de segurança) passam a exigir exclusivamente *FaceID* ou *TouchID*. O uso do *passcode* como alternativa de "*fallback*" é desabilitado.
- Atraso de segurança (*Security Delay*): caso o dispositivo detecte uma tentativa de alteração de segurança em local desconhecido, ele impõe uma espera de 60 minutos. Após esse período, uma nova autenticação biométrica é exigida para concluir a ação.

3.2. Impacto na Computação Forense

O SDP cria um "ponto cego" para as ferramentas de extração automatizada:

- Impossibilidade de confiança (*Pairing*): para estabelecer uma conexão de confiança entre o iPhone e a estação de trabalho forense, o iOS pode exigir biometria, impedindo a extração lógica.
- Extração BFU vs. AFU: mesmo em estado *After First Unlock* (AFU), o SDP pode restringir o acesso a bancos de dados criptografados que dependem de chaves protegidas pelo *Secure Enclave* (SEP), caso a biometria não seja fornecida.

Dessa forma, observa-se que o SDP demonstrou que a posse da senha numérica (*passcode*) já não garante o acesso total aos dados, exigindo que o perito adote métodos de extração manual e preservação de tela como contingência imediata.



Figura 1. Impacto da proteção de dispositivo roubado (SDP) no acesso pericial. (Imagem gerada por IA).

4. A COLETA DAS CONVERSAS DO APLICATIVO WHATSAPP

Assim como a coleta dos demais artefatos do dispositivo, os quais não fazem parte do escopo desse trabalho, o acesso às informações foi feito com a operacionalização cautelosa do dispositivo, juntamente com o registro fotográfico do conteúdo de sua tela durante cada passo, visando mitigar ao máximo qualquer alteração no conteúdo do aparelho.

Obviamente que, no caso do *WhatsApp*, algumas informações sofrem alteração nesse processo, como por exemplo, a indicação de mensagens não lidas, que passarão a ficar com o *status* de lida, devido a manipulação durante a operacionalização do dispositivo. Nesses casos, é de extrema importância efetuar o registro das informações que sofreram alteração, mostrando – através do procedimento – que essas alterações ocorreram de forma conhecida, justificada e controlada.

Para a realização da coleta, foram utilizados adaptador OTG e um dispositivo de armazenamento externo, que, no caso em questão, foi um *pendrive*. Após a conexão no dispositivo, utilizou-se a própria funcionalidade de exportação de conversa do aplicativo *WhatsApp*, resultando num arquivo compactado para cada *chat* exportado, o qual contém o arquivo "_chat.txt", com as mensagens contidas na conversa, bem como os arquivos de mídia relacionados à mesma.



Figura 2. Funcionalidade de exportação de conversas do *WhatsApp*.

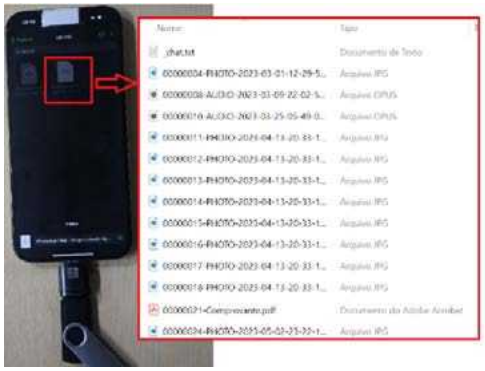


Figura 3. Amostra do conteúdo do arquivo exportado.

Após a geração do arquivo compactado, deve-se calcular e registrar o código de integridade no mesmo, de tal forma que se possa, a qualquer momento, atestar se o conteúdo desse arquivo continua íntegro ou se sofreu alguma modificação.

4.1. Captura de informações referentes à características do chat

Realizado esse procedimento para cada conversa necessária ao laudo pericial, deve-se, ainda, como forma de garantir maior riqueza de detalhes relacionados às conversas, registrar características dos *chats*, acessando a tela de dados do contato, para capturar informações como nome do contato, telefone, se a conversa é temporária, o tempo configurado para essa temporalidade, entre outros. No caso de grupos de conversa, ainda é interessante capturar informações como participantes do grupo, administradores, etc.



Figura 4. Dados de contato de uma conversa no *WhatsApp*.

Todos esses dados, além de registrados por meio de fotos, as quais deverão estar com seus metadados registrados, bem como deverão ter seus *hashes* calculados, podem ainda ficar consignados no próprio corpo do laudo pericial.

5. A APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO DAS CONVERSAS

Conforme observado na figura 3 e já citado anteriormente, o processo de exportação de conversas, disponibilizado pelo aplicativo *WhatsApp*, gera uma série de arquivos soltos dentro de um *container* ZIP, dentre os quais se encontram os arquivos de mídia e o arquivo texto com a conversa em si.

Por ser um arquivo texto plano, a visualização do conteúdo da conversa através do arquivo "_chat.txt" pode até ser relativamente intuitiva, conforme mostrado na figura seguir, porém não facilita a compreensão do conteúdo completo da conversa, exigindo interações com vários arquivos, fazendo o leitor alternar entre arquivo de texto e arquivos de mídia, sem ter o recurso dos balões coloridos disponibilizados pelos aplicativos de conversa.

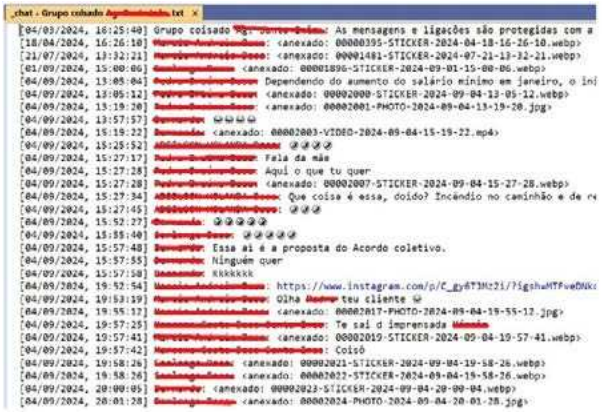


Figura 5. Amostra do arquivo "_chat.txt".

Pensando nesse obstáculo, visando tornar esse conteúdo mais inteligível, intuitivo e de fácil entendimento para qualquer pessoa, independentemente de estar habituada a trabalhar com arquivos desse tipo ou não, foi desenvolvida uma ferramenta, utilizando a linguagem Java, a qual converte essa gama de arquivos em um relatório, que agrega todas as conversas exportadas e exibe seus conteúdos de forma semelhante aos aplicativos já habitualmente utilizados pela maioria das pessoas.

Após a submissão dos arquivos à ferramenta, as conversas passam a ser exibidas como na figura a seguir, agrupando todo o conteúdo de cada *chat* em uma única visualização. Esse relatório é disponibilizado em arquivo HTML, o qual pode ser acessado por qualquer navegador de *Internet*.



Figura 6. Amostra do relatório gerado pela ferramenta.

Todos os arquivos que compõem a estrutura desse relatório (arquivos originais de mídia e txt com conversas, bem como os arquivos html gerados) têm seus códigos *hash* calculados e disponibilizados, de tal forma que se possa garantir a integridade e a autenticidade do relatório gerado.

6. A CADEIA DE CUSTÓDIA DESSAS INFORMAÇÕES

Olhando pelo lado da cadeia de custódia, precisamos garantir que todo o material coletado, bem como o produzido, possa ter a sua integridade e autenticidade atestada. Para tanto, conforme já destacado anteriormente, é importante que todos os procedimentos realizados sejam descritos, desde a operacionalização do dispositivo, até os equipamentos utilizados, como por exemplo, a câmera.

É desejável que a câmera esteja configurada para registrar, nos metadados das fotos capturadas, informações como marca, modelo, data e horário de captura, geolocalização, entre outros, para que, em avaliações futuras, esses dados possam ser validados com os que foram descritos no laudo pericial. Em conjunto com esses metadados, há o código *hash* de cada foto capturada, o qual elimina a possibilidade de manipulação posterior das informações dos metadados, garantindo, então, a integridade e autenticidade das imagens capturadas.

Com relação aos arquivos gerados com o uso da funcionalidade nativa do aplicativo *WhatsApp*, conforme também já citado, logo após gerado, o arquivo ZIP deve ter seu código *hash* imediatamente calculado e registrado, possibilitando validações posteriores. Vale lembrar que esse arquivo gerado é um container que possui tanto o arquivo TXT, com a conversa em si, quanto os arquivos de mídia envolvidos na mesma. Logo, o código *hash* do arquivo ZIP já garante a integridade dos demais arquivos. Mesmo assim, como uma garantia a mais, pode-se calcular o código *hash* para cada um dos arquivos contidos no ZIP.

A partir de então, já garantimos a autenticidade e a integridade de tudo o que foi coletado. O próximo passo é garantir os arquivos que foram gerados com o processamento desses dados, ou seja, os arquivos do relatório.

É importante destacar que a ferramenta utilizada na conversão das conversas não realiza alteração nos arquivos originais, efetuando apenas a leitura dos mesmos, gerando cópias para pastas específicas da estrutura do relatório (mantendo, ainda, a integridade dos arquivos) e criando arquivos HTML novos, com o conteúdo organizado e apresentável. Esses novos arquivos têm, então, seus códigos *hash* calculados e registrados logo após sua criação.

A partir de então, a qualquer momento, seja para uma contraperícia ou para dirimir dúvidas que possam ser levantadas quanto à integridade e autenticidade dos arquivos coletados e do relatório gerado, já há dispositivos suficientes para verificação e validação dos mesmos, sempre com base nos códigos *hash* e, no caso das fotos capturadas, com base nos seus metadados e códigos de integridade.

Dessa forma, temos a garantia sobre todos os dados extraídos e /ou gerados a partir do processamento destes, porém poderá surgir o questionamento sobre a cadeia de custódia do dispositivo periciado, de onde foram coletados os dados. Ora, a cadeia de custódia do dispositivo foi iniciada ainda durante a diligência de apreensão, onde foi gerada uma FAV (Ficha de Acompanhamento de Vestígios) para o mesmo, contendo as informações relacionadas às suas características, ao local de coleta, responsável pelo procedimento, bem como informações de acondicionamento (numeração de lacre e saco de evidência) e transferências de posse do material, registrando desde a sua apreensão, o recebimento pela Central de Custódia da Polícia Científica do Pará, o rompimento de lacre – para o processamento discutido neste trabalho – e o relacramento para o armazenamento na Central de Custódia.

Com esses registros, foi documentada toda a história cronológica do dispositivo periciado, que, no caso em questão, era um vestígio coletado no local de crime.

7. CONCLUSÕES

A metodologia adotada demonstrou que a robustez da cadeia de custódia e a eficácia pericial podem ser mantidas mesmo diante de lacunas em soluções comerciais de alto custo. A utilização de ferramenta customizada (com desenvolvimento *in-house*), permitiu converter dados brutos (TXT) em relatórios intuitivos (HTML), otimizando a compreensão do conteúdo para qualquer pessoa que venha a ter acesso ao material extraído.

É importante dar o devido destaque à possibilidade de repetibilidade desse processo: uma vez garantido o isolamento do dispositivo periciado e considerando a possibilidade de perda de mensagens temporárias antes da realização da coleta, todo esse processo pode ser repetido a qualquer momento, resultando sempre nos mesmos conteúdos (mensagens, mídias e relatórios), os quais podem ser validados com os *hashes* calculados e registrados.

Em casos como o que motivou esse trabalho, podemos constatar que, por mais consagrada que seja a fer-

ramenta utilizada, sempre poderá ocorrer situações em que estas apresentam lacunas, as quais normalmente são decorrentes das constantes evoluções de segurança implementadas pelos fabricantes de dispositivos móveis. Dessa forma, há a necessidade de nos desvincularmos da dependência exclusiva dessas soluções e passarmos a, de fato, colocar a mão na massa, realizando a coleta manual dos dados e garantindo a fidedignidade das informações e a celeridade processual.

Esta metodologia também é válida em situações em que não há ferramenta disponível para a extração, seja pelo seu alto custo ou por qualquer outro motivo limitador. É útil, ainda, para o atendimento de demandas mais simples, onde há a necessidade da extração de uma conversa específica, por exemplo.

Destaca-se que o uso de ferramentas "feitas em casa", não ocorre exatamente para substituir as soluções comerciais consagradas, mas servem para complementá-las frente às novas tecnologias de segurança implementadas em dispositivos móveis ou, simplesmente, para melhor adequar o conteúdo coletado a quem vai acessá-lo.

Por fim, mostramos que a autonomia técnica do perito, aliada à documentação rigorosa de procedimentos, metadados e cálculos de *hash*, é essencial para superar o dinamismo das fabricantes, evitando que perícias sejam finalizadas como prejudicadas ou que fiquem aguardando por evoluções nas ferramentas de extração, as quais possam transpor as barreiras impostas.

É de suma importância termos sempre em mente que precisamos manter o controle dos processos executados durante a realização de nossas perícias, utilizando as ferramentas simplesmente como ferramentas que auxiliam na execução do nosso trabalho e nunca deixando-as como fator essencial e indispensável para a realização do mesmo. Reconhecidamente elas aceleram e facilitam muito a nossa rotina, porém é dever do perito, com o seu conhecimento técnico, dominar todo o processo pericial relacionado ao dispositivo periciado, independentemente da utilização ou não de ferramentas auxiliares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] APPLE INC. Sobre a Proteção de Dispositivo Roubado para iPhone. Suporte Oficial da Apple, 2024 (atualizado em 2026). Disponível em: https://support.apple.com/pt-br/120340. Acessado em 17/02/2026.

[2] BRASIL. Decreto-Lei 3.689, de 03 de outubro de 1941. Código de Processo Penal.

[3] BRASIL. Lei 13.964 de 24 de janeiro de 2019 (alterou o Código Penal e Código de Processo Penal).

[4] BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Secretaria Nacional de Segurança Pública. Procedimento Operacional Padrão: perícia criminal - informática forense. Brasília: Ministério da Justiça e Segurança Pública, 2024. v. 5.

[5] ELEUTÉRIO, Pedro Monteiro da Silva; MACHADO, Marcio Pereira. Desvendando a computação forense. São Paulo, SP: Novatec, 2011.

[6] VECCHIA, Evandro Dalla. Perícia Digital: Da Investigação à Análise Forense. 3. ed. Campinas: Millennium Editora, 2024.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Formatos Digitais de Arquivos de Imagem na Fotografia Criminalística: Integridade e Valor Probatório

T. F. Baldasso[a,*], G. M. Alvarez[a]

[a]*Instituto-Geral de Perícias, Secretaria da Segurança Pública do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: tiago-baldasso@igp.rs.gov.br. Tel.: +55-51-98285-9825.*

Palavras-chave: fotografia criminalística; RAW; cadeia de custódia; hash; prova digital.

1. INTRODUÇÃO

A motivação principal deste trabalho centra-se na necessidade de discutir como a fotografia digital vem sendo produzida, tratada e preservada na rotina pericial, especialmente nos registros fotográficos de local de crime. A fotografia criminalística registra mais do que uma imagem da cena: documenta vestígios, posições, condições de iluminação e outros elementos que podem influenciar a interpretação do fato investigado. Com o meio digital, esse registro tornou-se mais rápido, mas passou a depender de escolhas técnicas relacionadas ao formato do arquivo, compressão, metadados, processamento e arquivamento. Esses aspectos interferem diretamente na integridade, na rastreabilidade e no valor probatório da imagem.

Para tanto, o trabalho se apoia em referências da fotografia forense, da prova digital e de protocolos institucionais. Robinson, Duncan, Marsh, Staggs e Toledo tratam de captura, processamento, RAW, EXIF, cadeia de custódia e preservação do original [1-5]. Marques, Paciarelli e o Manual de Cadeia de Custódia do Espírito Santo reforçam a discussão sobre hash, metadados, autenticidade e integridade [6-8]. Também foram considerados documentos do SWGDE, SWGIT, Santa Barbara County Sheriff's Office e Oregon State Police, nos quais se observa que o formato do arquivo deve acompanhar a finalidade pericial do registro [9-12].

De uma forma prática, observa-se que muitas fotografias são convertidas, compartilhadas e arquivadas sem preservação clara do arquivo original. O JPEG é amplamente utilizado por sua praticidade e compatibilidade, porém corresponde a uma imagem já processada, comprimida e com perda de informação. Quando esse arquivo passa a ser a única versão armazenada, tornam-se mais limitadas a verificação de edição, a recuperação de dados da captura e a realização de contraprova técnica consistente. O RAW, por sua vez, preserva mais dados do sensor e funciona melhor como matriz da captura.

Há de se ressaltar que essa discussão ganha força diante da facilidade atual de edição digital, inteligência artificial e geração sintética de imagens. Nesse contexto, a diferença entre guardar apenas uma imagem finalizada e preservar a matriz original deixa de ser detalhe técnico e passa a ter efeito probatório [13]. Assim, o objetivo deste trabalho é discutir a relevância dos formatos digitais na fotografia criminalística, com foco na preservação do original, metadados, hash e rastreabilidade do fluxo pericial.

2. METODOLOGIA

O estudo é bibliográfico, descritivo e experimental. A parte bibliográfica reuniu obras de fotografia forense, prova digital, cadeia de custódia, formatos de imagem e protocolos institucionais. A parte experimental comparou arquivos derivados de uma mesma captura, observando compressão, metadados, processamento posterior e integridade digital.

Foi utilizado registro fotográfico obtido em levantamento fotopericial com uso de luminol, cuja reação quimioluminescente exige controle de exposição,

foco e preservação do arquivo original. A captura foi feita com câmera Nikon D5300, lente Nikon AF-P DX Nikkor 18-55 mm, ISO 800, exposição de 15 segundos, distância focal de 18 mm e compensação de exposição de 0 EV.

O arquivo foi produzido em RAW/NEF. A partir dele, foram analisadas versões em JPEG, incluindo imagens editadas no GIMP 3.2.2 com inserção artificial de luminescência alusiva ao luminol e de arma de fogo. Também foram avaliados metadados, arquivo auxiliar .pp3 do RawTherapee 5.0 e hashes SHA-256 gerados no Windows PowerShell pelo comando Get-FileHash.

A comparação considerou quatro arquivos: matriz RAW, JPEG gerado a partir do NEF, derivado com luminescência artificial e derivado com arma de fogo artificial. A intenção não foi testar um software específico, mas mostrar como formato, metadados, processamento e hash ajudam a separar original, cópia de trabalho e imagem editada, especialmente diante da facilidade atual de edição digital e geração sintética de imagens.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes indicaram diferenças relevantes entre os arquivos analisados. De uma forma prática, observou-se que o JPEG atende melhor às demandas de compatibilidade com dispositivos e softwares, facilitando a visualização, o compartilhamento e a inserção em laudo. Há de se ressaltar, contudo, que essa praticidade ocorre acompanhada de compressão com perdas. Assim, parte das informações originalmente captadas pode ser descartada, principalmente quando o arquivo passa por edições e salvamentos sucessivos. A Figura 1 apresenta a versão JPEG usada como referência na comparação.



Figura 1. Versão JPEG do registro fotográfico utilizada como referência de comparação no experimento.

O RAW preservou mais dados do sensor fotográfico. Isso ampliou a margem de recuperação tonal e manteve informações técnicas da captura. Ele não impede a criação de cópias editadas, mas preserva a matriz original e permite distinguir o registro inicial das versões depois geradas.



Figura 2. Arquivo RAW/NEF original, preservado como matriz primária da captura.

A primeira versão derivada recebeu inserção artificial de luminescência azulada. A alteração é visualmente compatível com o contexto do luminol, mas sugere um vestígio que não estava registrado na imagem original. Esse tipo de intervenção pode modificar a leitura técnica da cena.



Figura 3. Versão derivada com inserção artificial de luminescência azulada.

A segunda versão derivada recebeu inserção artificial de arma de fogo. A alteração é ainda mais sensível, pois introduz elemento com possível relevância criminalística e pode alterar diretamente a interpretação do ambiente examinado.



Figura 4. Versão derivada com inserção artificial de arma de fogo.

As imagens derivadas deixam claro o problema: uma alteração que parece combinar com o ambiente pode inserir informação que não existia na cena. Por isso, preservar o RAW, os metadados e os registros de processamento ajuda a separar o que é captura original, cópia de trabalho e imagem editada.

O hash serviu para individualizar os arquivos e confirmar que RAW, JPEG e derivados são arquivos diferentes. Ele não diz, sozinho, se a imagem é verdadeira ou falsa, mas ajuda a verificar se o arquivo foi alterado. Os códigos alfanuméricos foram gerados no Windows PowerShell, por meio do comando Get-FileHash. Na tabela, os valores foram abreviados para facilitar a leitura.

Tabela 1. Síntese dos arquivos utilizados na comparação experimental.

Arquivo	**Função no experimento**	**Constatação**	**Hash SHA-256 abreviado**
DSC_1024.NEF	Matriz RAW da captura	Preserva mais dados do sensor e parâmetros técnicos.	3196AE84...795FC9675
DSC_1024-1.jpg	Versão JPEG	Imagem processada e comprimida pela câmera.	8F2CA8D3...1419ACACF
DSC_1024-2.jpg	Derivada com luminescência	Insere vestígio visual inexistente no registro original.	9228D7C2...72154A50
DSC_1024-3.png	Derivada com arma de fogo	Altera a leitura técnica da cena.	C5AD21D6...F4A30530

Os metadados EXIF também entram nesse controle. Eles indicam câmera, lente, data, ISO, tempo de exposição, abertura, distância focal e flash. Não substituem a cadeia de custódia, mas ajudam a conferir se o arquivo combina com o equipamento e com o contexto informado. Como exemplo adicional, a Fig. 5 apresenta a visualização de outro arquivo RAW/NEF no RawTherapee, com exibição dos metadados técnicos da captura.

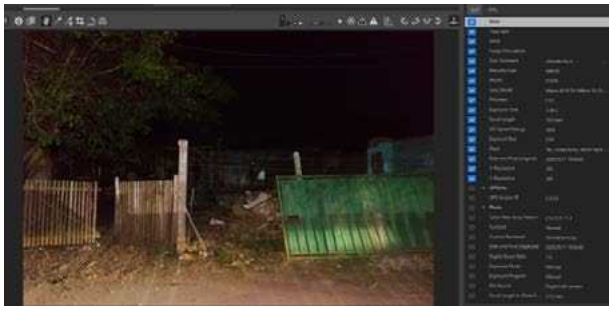


Figura 5. Arquivo RAW/NEF visualizado no RawTherapee, com metadados técnicos da captura.

O arquivo .pp3, gerado pelo RawTherapee, registrou os ajustes de revelação sem modificar o RAW. Isso ajuda a mostrar o que é matriz original e o que é processamento posterior.

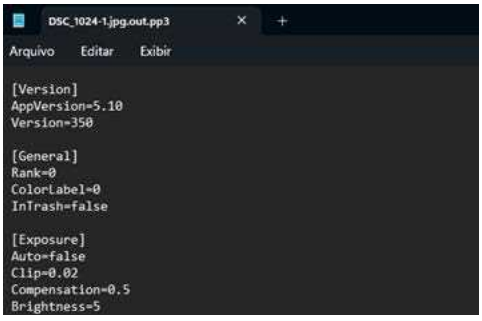


Figura 6. Arquivo .pp3 gerado pelo RawTherapee, registrando parte dos ajustes de revelação sem modificar o RAW original.

No contexto pericial, fotografar não acaba no clique. A confiabilidade da imagem depende de controle técnico sobre captura, preservação, processamento, documentação e rastreabilidade dos arquivos.

4. PROPOSTAS DE PADRONIZAÇÃO

A partir dos pontos discutidos, nota-se que algumas medidas simples podem contribuir para melhorar o manejo da fotografia criminalística digital. A intenção não é propor um fluxo inviável para a rotina pericial, mas estabelecer condições mínimas de controle sobre arquivos que podem assumir valor probatório.

De uma forma prática, a primeira medida diz respeito à padronização dos nomes de pastas e arquivos. Nomes automáticos gerados pela câmera, como DSC_1024 ou IMG_0001, dificultam a organização, a localização posterior e a vinculação das imagens ao procedimento. Para tanto, entende-se como adequado que cada pasta e cada conjunto de imagens estejam relacionados ao número do protocolo, ocorrência ou procedimento pericial.

Também há de se considerar a guarda adequada dos arquivos RAW. Embora ocupem mais espaço que o JPEG, esses arquivos preservam maior quantidade de informações da captura. Isso exige planejamento de armazenamento, rotina de backup, controle de acesso e organização do acervo digital. Toledo [5] apresenta tabela sobre guarda e descarte de fotografias periciais com base em prazos prescricionais. A partir dessa lógica, arquivos RAW, JPEG e demais registros digitais podem ser submetidos a regra clara de guarda e descarte. Cumprido o prazo definido em protocolo, o descarte dos RAW pode ser avaliado como forma de

reduzir o volume de armazenamento, desde que sejam mantidos os JPEG necessários e a anotação de quando, como e por quem o descarte foi realizado.

Outra medida importante refere-se à extração e preservação dos metadados EXIF, à geração de hash individual de cada fotografia e também ao hash da pasta que reúne o conjunto de imagens. O hash individual permite conferir cada arquivo separadamente, enquanto o hash da pasta facilita a indicação do conjunto no laudo e o controle do material arquivado.

Há de se ressaltar, ainda, que o fluxo deve separar arquivo original e cópia de trabalho. O RAW deve permanecer preservado como matriz da captura. JPEG, TIFF, PNG ou outros formatos podem ser utilizados para laudo, visualização, comparação ou apresentação, mas não devem substituir o original. Quando houver revelação digital ou ajustes, arquivos auxiliares, como o .pp3 do RawTherapee, ajudam a registrar o processamento sem alterar o RAW.

Nesse sentido, recomenda-se que cada órgão defina responsabilidade técnica clara pelo gerenciamento das fotografias digitais, seja por rotina própria, núcleo especializado ou equipe capacitada para essa finalidade.

5. CONCLUSÕES

A escolha do formato digital não deve observar apenas a praticidade operacional. Na criminalística, a força probatória da fotografia depende tanto daquilo que a imagem mostra quanto da possibilidade de demonstrar sua origem, autenticidade e integridade.

Com os testes realizados, observou-se que o JPEG atende bem às necessidades de visualização, compartilhamento e inserção em laudo. Contudo, quando passa a ser o único arquivo preservado, apresenta maior fragilidade. Por se tratar de imagem já processada e comprimida, reduz a margem de reanálise e dificulta a verificação técnica em situações de questionamento sobre edição, perda de informação ou alteração posterior.

As versões derivadas utilizadas no experimento reforçam essa preocupação. De uma forma prática, verificou-se que alterações visualmente plausíveis podem inserir elementos inexistentes na cena e modificar a leitura pericial do fato. Assim, imagens editadas ou derivadas podem ser utilizadas para apresentação e visualização, desde que o arquivo original seja preservado e os ajustes realizados estejam devidamente identificados.

Há de se ressaltar que, assim como ocorre com vestígios físicos sujeitos a reexame, a fotografia digital também precisa preservar sua matriz original. Quando resta apenas uma imagem finalizada, sem RAW, metadados, histórico de processamento ou hash, torna-se mais limitada a possibilidade de contraprova técnica consistente.

Nesse sentido, propõe-se como encaminhamento uma rotina mínima: preservação do RAW, extração de metadados, geração de hash, separação entre original e cópia, registro dos ajustes, armazenamento seguro e definição de responsabilidade técnica pelo gerenciamento da imagem pericial digital. A legislação já reconhece a fotografia na documentação pericial, mas ainda não detalha critérios próprios para arquivos digitais. Por isso, o tema merece debate específico, especialmente diante da necessidade de futura padronização nacional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Associação Brasileira de Criminalística e à Associação dos Peritos Criminais do Rio Grande do Sul pela realização do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística e pela oportunidade de apresentar esta discussão sobre preservação e rastreabilidade da fotografia criminalística digital. Agradecem também à Associação dos Fotógrafos Criminalísticos pelo suporte disponibilizado e pelo incentivo ao debate técnico da área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] E.M. Robinson. Crime Scene Photography, 2nd ed., Academic Press, United States of America (2010).

[2] C.D. Duncan. Advanced Crime Scene Photography, CRC Press, United States of America (2010).

[3] N. Marsh. Forensic Photography: A Practitioner's Guide, Wiley-Blackwell, United Kingdom (2014).

[4] S. Staggs. Crime Scene and Evidence Photography, 2nd ed., Staggs Publishing, United States of America (2014).

[5] A. Toledo. Fotografia Pericial, Millennium Editora, Brasil (2025).

[6] A.F.Q.M. Marques. Fotografia forense: contributo para a qualidade em medicina legal. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Medicina, Universidade do Porto (2011).

[7] L.R. Paciarelli. Da prova digital no processo judicial. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2024).

[8] Espírito Santo. Polícia Civil. Superintendência de Polícia Técnico-Científica. Manual de Cadeia de Custódia da Perícia Oficial do Espírito Santo, Polícia Civil do Estado do Espírito Santo, Brasil (2021).

[9] Scientific Working Group on Digital Evidence. Digital Image Compression and File Format Guidelines: 16-M-001-3.0, SWGDE (2024).

[10] Scientific Working Group on Imaging Technology. SWGIT Guidelines for the Forensic Imaging Practitioner, International Association for Identification (2016).

[11] Santa Barbara County Sheriff's Office. Photography and Cameras: SOP CSI-008-12, Forensics Unit, United States of America (2012).

[12] Oregon State Police. Forensic Field Guide, Version 12, Oregon State Police Forensic Services Division, United States of America (2024).

[13] Ferdiansyah; M.R.A. Deazwara; R.R. Billanivo; M. Ardiansyah; Ilham. Forensic analysis of AI-generated image alterations using metadata evaluation, ELA, and noise pattern analysis. J. Inf. Syst. Inform. 7: 4014-4035 (2025).

M. B. Nunes, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Exame Forense em Câmeras Espiãs de Baixo Custo: Da Extração de Memória Flash à Vinculação ao Suspeito

M. B. Nunes[a,*]

[a]*Diretoria de Criminalística, Divisão de Informática Forense, Santa Catarina (SC), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: mateus.nunes@policiacientifica.sc.gov.br. Tel.: +55-48-3403-7189.*

Palavras-chave: câmera espiã; IoT; chip-off; memória flash.

1. INTRODUÇÃO

As câmeras espiãs, também chamadas de câmeras dissimuladas, são dispositivos compactos destinados à gravação de áudio e vídeo ou monitoramento de ambientes de maneira discreta, geralmente sem o conhecimento das pessoas registradas. Sua aplicação lícita inclui o monitoramento de locais críticos como centros de atendimento a idosos ou crianças e comércios com mercadorias de alto valor. Usos ilícitos, contudo, incluem a gravação de ambientes íntimos como vestiários, banheiros, quartos, anotando-se inclusive a distribuição do conteúdo espúrio em sites na Internet.

Apesar de existirem diversas metodologias para sua detecção [1], o baixo custo e a ampla disseminação favorecem que ataques à privacidade sejam cada vez mais numerosos (Fig. 1).



Figura 1: Reportagens sobre a descoberta de câmeras espiãs dissimuladas em tomadas elétricas em locais sensíveis: vestiário feminino de clube em MG [10], suíte de resort em PE [11] e estabelecimento comercial em MT [12].

1.1. Descrição do dispositivo

São caracterizadas como dispositivos computacionais compactos, dissimulados em objetos comuns como tomadas elétricas, carregadores de celulares, entre outros, com capacidade para gravação de áudio e vídeo, conexão WiFi, transmissão do fluxo de áudio e vídeo e configuração de parâmetros para gravação em cartão de memória. São construídas com uma placa eletrônica principal com dimensões aproximadas de 5 cm por 3 cm (Fig. 2), um módulo com fonte de alimentação DC e um anexo com o conjunto câmera e lente.

A placa eletrônica principal integra os seguintes componentes: o processador principal (SoC), o módulo de comunicação WiFi, o chip de memória *flash* principal, o conector do módulo de câmera e a porta para cartão de memória destinado ao armazenamento das gravações (Fig. 3).

O chip de memória *flash* do tipo NOR é responsável pelo armazenamento do *firmware* e das configurações do dispositivo de maneira não volátil [2], apresentando capacidade tipicamente reduzida, da ordem de poucos megabytes.



Figura 2: Câmera espiã dissimulada em tomada elétrica: (a) vista frontal do dispositivo, (b) vista posterior revelando o sistema de gravação embutido e (c) placa eletrônica principal com o sistema de gravação.

O processo de configuração inicial é realizado via aplicativo móvel, com conexão ao dispositivo por *hotspot* WiFi, ao qual o operador se conecta para inserir as credenciais da rede WiFi local, configurar parâmetros de gravação (e.g. resolução do vídeo, duração, detecção de movimentos, entre outros), podendo ainda associar o dispositivo à conta na plataforma de monitoramento em nuvem. Após a configuração, o dispositivo conecta-se à rede WiFi e passa a executar em dois modos: gravação local no cartão em segmentos de tempo predefinidos, e *streaming* de vídeo em tempo real acessível remotamente via aplicativo.

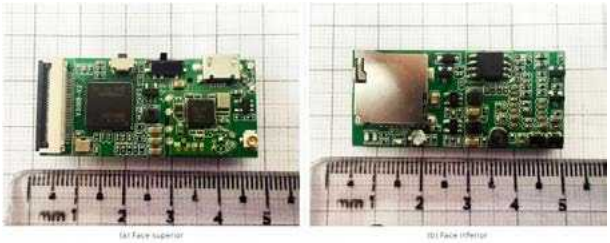


Figura 3: Vista detalhada da placa principal do sistema de gravação.

2. METODOLOGIA

Foram examinadas duas unidades de sistemas de vídeo-gravação compactas, recebidas de casos criminais reportados entre 2025 e 2026. Os equipamentos foram descobertos em locais sensíveis para violação de intimidade, ambos dissimulados em tomadas elétricas. Apenas a unidade 2 foi apresentada para exame com o cartão de memória associado, além de um celular vinculado ao indivíduo suspeito de ter instalado o sistema.

Embora os modelos de placa eletrônica dos dois equipamentos fossem bastante similares, não eram idênticos, possuindo diferenças mais significativas na plataforma de *firmware* e na capacidade de armazenamento de dados da memória NOR, sugerindo uma possível atualização ao longo do tempo ou ainda, a existência de múltiplos fabricantes.

A metodologia aplicada no exame dos equipamentos compreendeu a extração e comparação dos artefatos de interesse pericial encontrados nos dois sistemas, nas seguintes etapas:

Aquisição de dados tipo extração física da memória estendida, ou seja, do cartão de memória microSD, mediante criação de imagem forense com cópia bit a bit, utilizando-se um duplicador forense;

Processamento dos dados extraídos por ferramenta forense para recuperação de arquivos apagados e análise do sistema de arquivos, visando à identificação e recuperação das gravações de áudio e vídeo armazenadas no dispositivo;

Extração dos dados da memória principal, *flash* NOR pelo método chip-off, com a remoção física do circuito integrado da placa eletrônica principal do dispositivo, com posterior leitura direta via programador externo;

Processamento da imagem binária obtida para identificação das partições do *firmware* e análise dos artefatos do sistema de arquivos, com foco na recuperação de dados de identificadores e de configuração.

2.1. Aquisição de dados do cartão de memória

A aquisição dos dados do cartão de memória foi realizada com o duplicador forense Falcon Neo 2, mediante cópia bit a bit da mídia original conectada ao equipamento, com bloqueio de escrita por hardware, gerando uma imagem forense do conteúdo do cartão, com verificação de integridade por algoritmos de hash MD5 e SHA-256.

2.2. Extração de Dados da Memória Principal

A extração dos dados da memória principal foi realizada pelo método chip-off [4,5], com remoção física do circuito integrado de memória da placa eletrônica principal do dispositivo com aplicação cuidadosa de soprador térmico SMD [4]. Após a remoção, o chip foi soldado em um adaptador SOP8-DIP8, o qual foi conectado ao programador CH341A (Fig. 4).

O programador CH341A possui interface de comunicação USB e suporta comunicação com circuito integrado via protocolo SPI. A leitura dos dados foi feita pela ferramenta *AsProgrammer* (Fig. 5) utilizando-se a configuração de identificação automática do chip e leitura do conteúdo completo da memória. A integridade da aquisição foi verificada mediante a realização de leituras consecutivas, com confirmação de integridade pelo CRC32 idêntico, calculado pelo próprio software (Fig. 5).

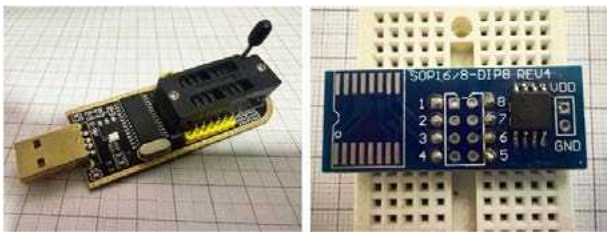


Figura 4: Equipamentos utilizados na extração chip-off: (esquerda) programador CH341A com adaptador ZIF e (direita) chip de memória flash NOR soldado no adaptador SOP8-DIP8 após remoção da placa eletrônica principal.

2.3. Análise do Conteúdo Extraído da Memória Estendida

O sistema de arquivos identificado na memória estendida é FAT32, o qual foi processado e exa-

minado com a ferramenta forense IPED. Os arquivos de vídeo foram submetidos à identificação do formato de mídia pelo software FFmpeg [7], verificando-se todos com formato MP4 com codificação H.265 (HEVC). As mídias recuperadas foram visualizadas com o software VLC Media Player, confirmando-se a integridade e reprodutibilidade dos arquivos.

2.4. Análise do Conteúdo Extraído da Memória Principal

A análise do conteúdo da imagem binária extraída foi feita com as ferramentas *open source binwalk* [8] e *jefferson* [9], sendo o *binwalk* (Fig. 5) utilizado para identificação e extração automática das partições contidas na imagem, permitindo reconhecer formatos do sistema de arquivos presentes no *firmware*, entre os quais o do sistema raiz, armazenado em SquashFS.

Além do SquashFS, foram identificadas partições de dados com formato JFFS2 (Journalling Flash File System version 2) [6], que é um sistema de arquivos desenvolvido especificamente para memórias *flash*, geralmente utilizado em dispositivos embarcados com Linux [3]. Para extração do conteúdo dessas partições foi utilizado o aplicativo *jefferson* [9].

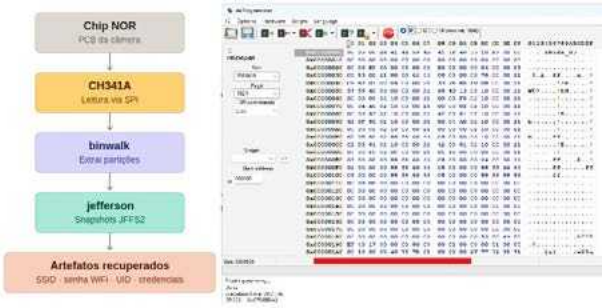


Figura 5: Etapas da extração de dados da memória *flash* principal e tela do aplicativo AsProgrammer com a extração de dados da memória da unidade 1.

3. RESULTADOS

Os resultados da análise das imagens forenses da memória principal e estendida permitiram ter uma visão geral do funcionamento do sistema digital de gravação do dispositivo e, de maneira específica, dos identificadores únicos, além dos arquivos de configuração de gravação do equipamento.

Os dados da memória principal refletem um sistema Linux embarcado, com estrutura de diretórios e arquivos binários típicos desses sistemas. Ao exame da memória estendida (cartão de memória) associado à unidade 2, verificou-se que armazena as mídias capturadas em uma estrutura de diretório com nome remontando ao carimbo de tempo de criação dos vídeos e a duração das mídias.

3.1. Mapa de Partições

A estrutura de partições do *firmware* das duas unidades era bastante semelhante, sendo composta por *bootloader*, kernel Linux, sistema de arquivos raiz em SquashFS e partições de configuração em JFFS2.

Contudo, algumas diferenças importantes foram anotadas entre as unidades: a capacidade de armazenamento dos *chips* das duas unidades, 8 MB na unidade 1 (FM25Q64A) e 16 MB (XM-25QH128A) na segunda; quanto à versão do kernel, Linux 3.4.35 e Linux 4.9.37; a plataforma de *firmware*, Anyka na unidade 1 e HiSilicon na unidade 2. Em ambas as unidades, o sistema Linux embarcado inclui serviços de rede típicos, entre os quais cliente DHCP (udhcpc), servidor DNS (dnsd) e cliente WiFi (wpa_supplicant). Apesar de o binário NTP (ntpd) estar presente, não é executado por nenhum script de inicialização.

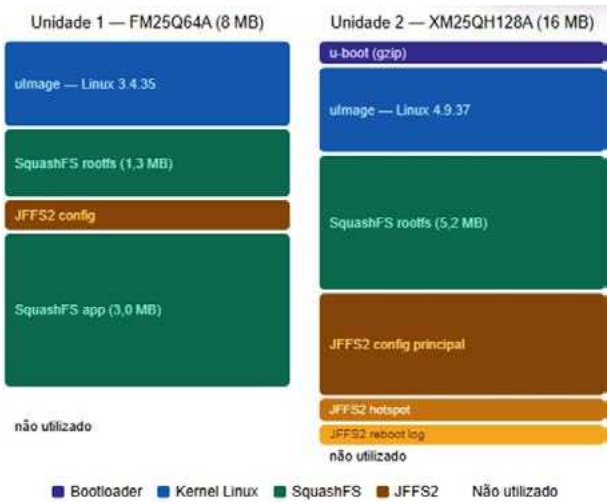


Figura 6: Mapa de partições das duas unidades.

3.2. Artefatos de Configuração Recuperados

Ao exame das partições JFFS2 das duas unidades foi possível identificar artefatos de configuração relevantes, de valor pericial e investigativo, entre os quais destacam-se: o SSID (nome da rede) e a senha da rede WiFi, em texto-claro, à qual o dispositivo estava conectado, revelando a rede utilizada pelo operador para acesso remoto à câmera; o identificador único do dispositivo na plataforma de monitoramento em nuvem (UID); o SSID do hotspot WiFi do próprio dispositivo, utilizado para sua configuração inicial (ver Tab. 1); a agenda de gravação configurada; e as credenciais de acesso administrativo ao dispositivo.

Tabela 1: Artefatos de identificação e configuração recuperados da memória principal dos dispositivos.

Artefato	Perfil balístico	Resultado
Credenciais WiFi	SSID e senha (anyka_cfg.ini)	SSID e senha (wpa_supplicant.conf)
SSID do hotspot	F334167MGNMG (hostapd.conf)	TUT-457207-JPDUU (rtl_hostapd_2G.conf)
UID do aplicativo de gerenciamento (cloud)	Localizado (U3V-jYzhWw1Sk…)	Localizado Coincidente com o SSID
Snapshots JFFS2	4 snapshots	22 snapshots

Em razão da natureza *append-only* do sistema de arquivos JFFS2, foi possível a reconstrução de múltiplos estados históricos das partições de configuração, correspondentes à linha do tempo do dispositivo. A unidade 1 apresentou 4 snapshots históricos recuperados, enquanto a unidade 2 apresentou 22 snapshots, refletindo um histórico mais extenso de operações de escrita na partição de configuração.

3.3. Análise da Codificação de Vídeo

A análise técnica do formato dos arquivos de mídia armazenados foi realizada com o FFmpeg, mediante inspeção dos metadados e cabeçalhos dos arquivos MP4. Os vídeos são codificados em H.265/HEVC, resolução 1920×1080 pixels, taxa de quadros de 15 fps, espaço de cor BT.709 com faixa dinâmica completa (full range, yuvj420p), e áudio em formato AAC-LC com taxa de amostragem de 8.000 Hz em canal mono.

As características são consistentes com os parâmetros de configuração lidos das partições JFFS2 de ambas as unidades, ainda que armazenados em arquivos distintos em cada plataforma. Na unidade 1, os parâmetros de gravação estão centralizados no arquivo *anyka_cfg.ini*, que define explicitamente o codec de vídeo, a taxa de quadros, o formato de container, o codec de áudio e a taxa de amostragem. Na unidade 2, os parâmetros equivalentes estão distribuídos no arquivo *config_product_scene_1080p30_linear.ini*, próprio da plataforma HiSilicon. A taxa de quadros efetivamente configurada é de 15 fps (conforme registro encontrado na partição de configuração), a despeito da denominação nominal "1080p30" do perfil de cena. O parâmetro *record_time* foi identificado no programa binário principal do sistema da Unidade 2, chamado "*target*", no qual está fixado o valor padrão de 300 segundos; o mesmo valor consta da configuração persistente na partição de sistema.

O formato padrão do nome de arquivo "AAAAMMDDHHMMSS_300_S.mp4" faz referência ao carimbo de tempo de criação do arquivo de mídia e à duração do segmento em segundos (300 - 5 minutos), coincidente com o parâmetro record_time (Fig. 7).

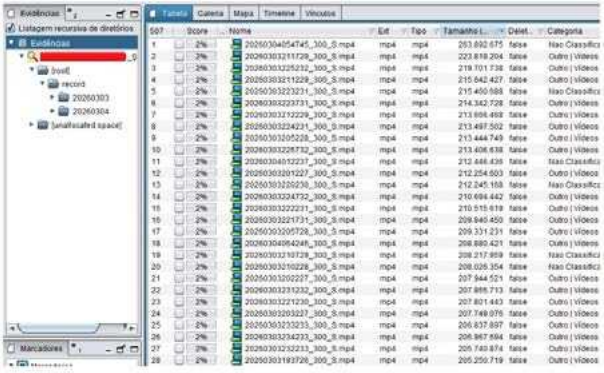


Figura 7: Arquivos de vídeo MP4 identificados pelo IPED na estrutura de diretórios do cartão de memória.

4. DISCUSSÃO

Dos resultados obtidos é possível discutir implicações forenses e para investigação criminal dos identificadores e parâmetros de configuração recuperados, não apenas da memória estendida, que armazena a materialidade do conteúdo ofensivo, mas também da memória *flash* principal, principalmente no que se refere à vinculação entre o dispositivo de gravação e seu operador (autoria), bem como ao significado probatório dos dados identificados nas configurações do sistema de gravação (dinâmica).

4.1. Identificadores como Elementos de Vinculação ao Suspeito

Particularmente, o valor do SSID do hotspot utilizado na configuração inicial e o UID da plataforma de nuvem constituem elementos importantes de vinculação entre a câmera e seu operador. O SSID do hotspot pode ser encontrado nos registros de conexão WiFi do sistema operacional do dispositivo móvel; o UID de nuvem, por sua vez, reside nos dados do aplicativo de monitoramento instalado no celular utilizado pelo operador.

As credenciais WiFi em texto-claro recuperadas (i.e., SSID e senha) da rede à qual o dispositivo estava conectado indicam o ambiente em que a câmera espiã foi instalada. Em locais com redes com acesso restrito, cujas credenciais sejam conhecidas apenas por um grupo limitado de usuários, essa informação pode constituir elemento relevante para o estabelecimento da autoria, na medida em que restringe o universo de possíveis responsáveis pela instalação e configuração do dispositivo.

O confronto dos identificadores extraídos da memória principal do sistema de gravação com os do dispositivo móvel do suspeito pode revelar: (1) histórico de conexão ao *hotspot* da câmera, evidenciando proximidade física, quando foi configurada, e do controle sobre o dispositivo; (2) presença do UID da câmera configurado no aplicativo de monitoramento instalado no celular, o que permitiria comprovar o vínculo entre o suspeito e o dispositivo de gravação encontrado.

No caso da unidade 2, o identificador "TUT-457207-JPDUU" foi localizado em arquivos de configuração do sistema operacional iOS do celular associado ao suspeito, inclusive no arquivo "com.apple.wifi.removed-networks.plist" o qual registra redes WiFi deliberadamente removidas pelo usuário. A presença do identificador nesse arquivo indica não apenas que o dispositivo móvel se conectou ao *hotspot* da câmera, presumivelmente para sua configuração, mas que o operador realizou uma ação intencional para eliminar esse rastro, o que é consistente com a tentativa de ocultar o vínculo com a câmera espiã (Fig. 8).

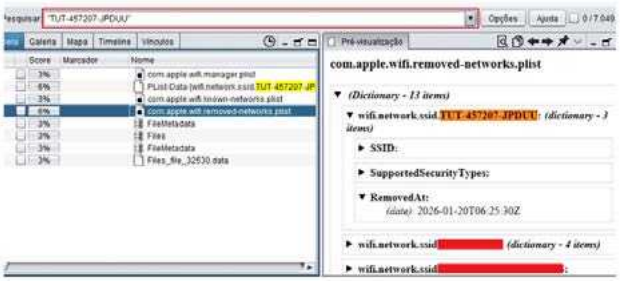


Figura 8: Pesquisa pelo identificador "TUT-457207-JPDUU" no IPED, verificando-se ocorrências em arquivos de configuração do sistema operacional do celular do suspeito.

4.2. Parâmetros de Configuração e seu Significado Forense

Os parâmetros extraídos do arquivo de configuração permitem caracterizar o modo de operação do dispositivo. A agenda de gravação contínua (00:00–23:59, todos os dias) evidencia a intenção de captura ininterrupta, contudo, a existência de eventual delimitação de dias/horários pode estar vinculada a alvos ou situações específicas. A configuração simultânea de fluxo (*streaming*) de vídeo demonstra que o operador pode ter a visualização remota e a vigilância do local de instalação do equipamento, aumentando o potencial lesivo.

Esses parâmetros, recuperados diretamente do *firmware*, não dependem do conteúdo do cartão de memória para serem estabelecidos, sendo preservados de maneira permanente, mesmo que o cartão tenha sido removido ou formatado antes da apreensão.

A consistência entre os parâmetros de gravação definidos no *firmware* e as características técnicas dos arquivos de vídeo recuperados, como por exemplo: codec, taxa de quadros, formato de container e taxa de amostragem de áudio, apoia a conclusão de que as mídias foram produzidas pelo dispositivo examinado, contribuindo para o estabelecimento da origem dos arquivos de vídeo como elemento de prova. As diferenças relatadas entre as plataformas das duas unidades analisadas demonstraram que os artefatos relevantes estão presentes independentemente da plataforma, embora em locais distintos, o que exige conhecimento da estrutura de cada *firmware* para busca e constatação dos identificadores.

Por fim, pode-se discutir a confiabilidade das marcas de registro de tempo das gravações, a qual é sustentada pela cadeia de sincronização identificada nos *firmwares* examinados. Verificou-se que os dispositivos mantêm binário cliente NTP (*Network Time Protocol*), o qual seria responsável pela sincronização do relógio interno com servidores de tempo na Internet, contudo, os exames de análise de código dos sistemas não demonstraram sua execução nos scripts de inicialização. No entanto, os exames mostraram que a atualização do relógio interno é efetivada a partir da conexão com a plataforma de gestão de nuvem a qual, desta forma, permite conferir valor probatório relativo ao tempo real de gravação das mídias.

5. CONCLUSÃO

O exame forense da memória *flash* principal de câmeras espiãs de baixo custo demonstrou ser uma fonte relevante de evidências para a determinação de autoria e dinâmica delitiva. A metodologia aplicada permitiu recuperar identificadores únicos do dispositivo que, quando confrontados com artefatos extraídos do dispositivo móvel do suspeito, possibilitam estabelecer vinculação técnica direta entre o operador e o dispositivo. Os parâmetros de configuração recuperados permitem ainda caracterizar o modo de operação do sistema, independentemente da disponibilidade do cartão de memória. O exame comparativo de duas unidades com plataformas de *firmware* distintas demonstrou que, mesmo com diferentes arquiteturas, os artefatos forenses relevantes estão presentes em ambos os equipamentos. A natureza não volátil da memória *flash* NOR garante a preservação desses artefatos independentemente do estado operacional do dispositivo, tornando o exame aplicável mesmo em dispositivos danificados ou cuja memória estendida tenha sido perdida.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à Polícia Científica do Estado de Santa Catarina e à Divisão de Informática Forense pela infraestrutura e suporte institucional disponibilizados, sem os quais esta pesquisa não poderia ser conduzida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] S. Herodotou; F. Hao. Spying on the Spy: Security Analysis of Hidden Cameras. Lecture Notes in Computer Science 13983: 345–362 (2023).

[2] T. Bakhshi; B. Ghita; I. Kuzminykh. A Review of IoT Firmware Vulnerabilities and Auditing Techniques. Sensors 24(2): 708 (2024).

[3] J. Lee; T. Shon. Forensic Analysis of IoT File Systems for Linux-Compatible Platforms. Electronics 11(19): 3219 (2022).

[4] T. Avanoz; E. Akbal. Data Recovery Application from NAND Flash Memories Using the Chip-Off Technique in Digital Forensics. International Journal of Innovative Engineering Applications 9(2): 232–242 (2025).

[5] M. Breeuwsma; M. de Jongh; C. Klaver; R. van der Knijff; M. Roeloffs. Forensic Data Recovery from Flash Memory. Small Scale Digital Device Forensics Journal 1(1) (2007).

[6] D. Woodhouse. JFFS2: The Journalling Flash File System, version 2. Ottawa Linux Symposium (2001). Disponível em: https://sourceware.org/jffs2/jffs2.pdf

[7] FFmpeg Developers. FFmpeg — A Complete, Cross-Platform Solution to Record, Convert and Stream Audio and Video. Disponível em: https://ffmpeg.org. Acesso em: maio 2026.

[8] C. Heffner. Binwalk — Firmware Analysis Tool. ReFirmLabs. Disponível em: https://github.com/ReFirmLabs/binwalk. Acesso em: maio 2026.

[9] S. Viehböck. Jefferson — JFFS2 Filesystem Extractor. Disponível em: https://github.com/sviehb/jefferson. Acesso em: maio 2026.

[10] Redação O Tempo. Câmera espiã é encontrada dentro de tomadas em vestiário feminino de clube de lazer em MG. O Tempo, 9 de abril de 2026. Disponível em: https://www.otempo.com.br/cidades/2026/4/9/camera-espia-e-encontrada-dentro-de-tomadas-em-vestiario-feminino-de-clube-de-lazer-em-mg. Acesso em: maio 2026.

[11] Redação Folha de Pernambuco. Casal diz ter encontrado tomada espiã em suíte de resort em Muro Alto; polícia investiga. Folha de Pernambuco, 18 de janeiro de 2024. Disponível em: https://www.folhape.com.br/noticias/casal-diz-ter-encontrado-tomada-espia-em-suite-de-resort-em-muro-alto/311888/. Acesso em: maio 2026.

[12] Redação Folha Max. Garoto flagra câmera espiã em tomada de site de notícias em MT. Folha Max, 14 de fevereiro de 2026. Disponível em: https://www.folhamax.com/policia/garoto-flagra-camera-espia-em-tomada-de-site-de-noticias-em-mt/536996. Acesso em: maio 2026.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Desafios da Análise Acústica no Exame de Comparação Forense de Locutor: Revisão da Literatura

L. A. F Cazumbá[a,*], F. R. S Gianini[a], A. P.Sanches[a], J. A. Brito[a]

[a]*Núcleo de Evidências Forenses, Centro de Apoio à Execução, Ministério Público do Estado de São Paulo, São Paulo (SP), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: lucilenecazumba@mpsp.mp.br. Tel.: +55-19-991055333.*

Palavras-chave: Acústica; Comparação Forense de Locutor; Fonética.

1. INTRODUÇÃO

O cenário atual, marcado pelo contínuo avanço tecnológico, permite a qualquer indivíduo realizar a gravação de cenas, diálogos ou acontecimentos. As condições em que tais captações são realizadas relacionam-se diretamente à qualidade do material obtido, e, consequentemente, ao êxito ou às limitações do Exame de Comparação Forense de Locutor (CFL).

A CFL consiste no confronto sistemático entre características de duas amostras de áudio, com o objetivo de avaliar, sob critérios científicos, se os resultados desse confronto fortalecem ou enfraquecem a hipótese de que os sinais de fala analisados foram produzidos por um mesmo indivíduo [1], sendo mais utilizado, para realização deste exame, uma combinação de métodos, como análise acústica, perceptivo-auditiva e automática [2].

A verificação da adequabilidade do material, que abrange a análise do nível de ruído, da quantidade de fala líquida e da qualidade do sinal, consiste em uma etapa preliminar essencial, podendo, em alguns casos, inviabilizar a realização de determinadas fases do exame [3], como a análise acústica.

A análise acústica é empregada para quantificar o sinal sonoro, permitindo uma avaliação objetiva das características vocais. Diversos parâmetros podem ser examinados, oferecendo informações que complementam e corroboram os achados da análise perceptivo-auditiva. Dessa forma, a análise acústica configura-se como uma ferramenta elementar e complementar no processo de avaliação vocal [4, 5] . Além da extração de medidas, ela também possibilita a obtenção de dados qualitativos, especialmente por meio da espectrografia, que fornece uma representação visual detalhada do sinal vocal [4, 5] .

O uso da análise acústica na CFL já é amplamente reconhecido e respaldado pela literatura especializada. No entanto, ressalta-se que sua aplicabilidade depende diretamente de diferentes fontes de variabilidade e degradação do sinal, as quais podem comprometer significativamente a confiabilidade dos parâmetros extraídos e, consequentemente, dos resultados obtidos na avaliação [6, 7].

No contexto da CFL tais fatores representam desafios metodológicos relevantes e demandam constante discussão quanto à robustez, validade e limites interpretativos dos resultados periciais. Diante desse cenário, torna-se fundamental conhecer os principais desafios metodológicos envolvidos, de modo a subsidiar a adoção de práticas periciais tecnicamente fundamentadas e alinhadas às exigências do contexto forense.

2. OBJETIVO

Identificar os principais conjuntos de parâmetros acústicos pesquisados e limitações encontradas na realização da análise acústica do exame de Comparação Forense de Locutor.

3. MÉTODO

Foi realizada revisão da literatura que trata do tema nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, por meio da combinação de descritores em Inglês e Português

relacionados à Fonética Forense, Comparação Forense de Locutor e Análise Acústica da Fala, utilizando os operadores *booleanos* (AND/OR).

Os critérios de inclusão consistiram em: artigos originais ou estudos de caso, em Inglês, Espanhol ou Português, sem delimitação do período pesquisado, com texto completo disponível, que abordassem as limitações da análise acústica. Os critérios de exclusão estabelecidos foram: estudos de revisão, livros ou *e-books*, dissertações e teses, em outros idiomas, que não abordassem diretamente o tema pesquisado ou que se concentrassem exclusivamente na análise de métodos estatísticos empregados, bem como aqueles que utilizassem reconhecimento automático de locutor.

A seleção dos estudos foi conduzida, primeiramente, por meio da análise dos títulos e resumos. Em etapa posterior, nos casos em que persistiram dúvidas quanto à inclusão ou exclusão dos trabalhos, procedeu-se à avaliação do texto completo.

Os resultados das etapas de avaliação dos estudos foram organizados, por meio de estatística descritiva. Os estudos selecionados foram sistematizados considerando as seguintes informações: autores, ano de publicação, conjuntos de parâmetro(s) analisado(s) e limitações do método/conjunto de parâmetros considerando a análise forense.

4. RESULTADOS

Foram identificados 428 estudos nas bases de dados consultadas. Após a remoção de duplicatas (n = 42), permaneceram 386 artigos para triagem. A partir da leitura dos títulos e resumos, 106 estudos demonstraram potencial relevância para a temática investigada. Na etapa de leitura do texto completo, 10 artigos foram excluídos por abordarem tema de reconhecimento automático de locutor, 7 em razão do tipo de estudo, 4 devido ao idioma, 14 por adotarem metodologias baseadas na avaliação de sistemas automáticos de análise da voz ou no desempenho em testes estatísticos e 11 pela indisponibilidade dos textos na íntegra. Ao final, 60 trabalhos foram selecionados e analisados, a fim de atender ao objetivo proposto. Os artigos analisados encontram-se disponíveis em repositório online[1]

4.1. Parâmetros analisados

O Gráfico 1 apresenta a distribuição dos conjuntos de parâmetros pesquisados nos estudos analisados.

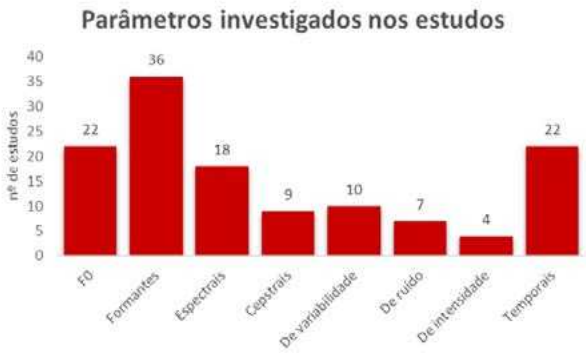


Figura 1. Parâmetros investigados nos estudos incluídos.

Os resultados indicam que os formantes foram os parâmetros mais frequentemente investigados nos estudos analisados, aparecendo em 36 trabalhos. Em seguida, os parâmetros relacionados à frequência fundamental (F0) e às medidas temporais foram observados em 22 estudos cada, demonstrando também ampla utilização na literatura.

Os parâmetros espectrais foram considerados em 18 estudos, enquanto os parâmetros de variabilidade e cepstrais apareceram em menor proporção, com 10 e 9 estudos, respectivamente. Já os parâmetros relacionados ao ruído (7 estudos) e à intensidade (4 estudos) foram os menos investigados, indicando menor enfoque nessas dimensões.

4.2. Limitações observadas

O Gráfico 2 mostra as principais limitações identificadas nos estudos.

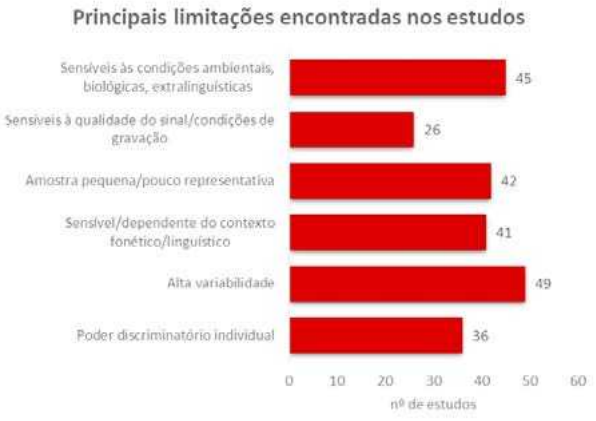


Figura 2. Principais limitações encontradas nos estudos incluídos.

Os estudos analisados apontam que a principal limitação da análise acústica é a alta variabilidade dos parâmetros (49 estudos), seguida da sensibilidade a fatores ambientais, biológicos e extralinguísticos (45 estudos). Também se destacam a amostra pequena ou pouco representativa (42 estudos) e a dependência do contexto fonético/linguístico (41 estudos). Em menor proporção, foram identificadas limitações relaciona-

1 Repositório organizado pelas autoras: Artigos - CNC 2026

das ao poder discriminatório individual dos parâmetros (36 estudos) e à qualidade do sinal e condições de gravação (26 estudos).

A organização dos estudos encontrados para os parâmetros e limitações, de acordo com os autores e anos encontram-se em apêndice, ao final deste trabalho juntamente com as referências dos trabalhos analisados.

5. CONCLUSÕES

Em relação aos parâmetros utilizados, os resultados evidenciaram uma predominância dos parâmetros formânticos, seguidos pela frequência fundamental (F0) e pelas medidas temporais, o que demonstra a forte dependência da área em parâmetros acústicos tradicionais, especialmente aqueles relacionados à fonte e ao filtro da fala. A F0, em particular, destaca-se como amplamente investigada [8], em razão de sua relativa robustez e menor suscetibilidade à degradação do sinal. Contudo, embora esses parâmetros sejam amplamente empregados e reconhecidos como relevantes, essa concentração sugere uma limitação metodológica, caracterizada pela menor exploração de outras dimensões acústicas.

Parâmetros como os cepstrais, de variabilidade, ruído e intensidade foram menos investigados, sobretudo no que se refere à análise em condições mais próximas da realidade forense, como aquelas envolvendo degradação do sinal e variações extralinguísticas. Essa lacuna aponta para uma possível restrição na diversidade analítica dos estudos.

No que tange às principais limitações identificadas, observou-se que a análise acústica é fortemente influenciada pela variabilidade dos falantes e pela instabilidade dos parâmetros mensurados, o que pode comprometer a robustez e a confiabilidade desses indicadores na prática forense. Ademais, a recorrência de limitações relacionadas ao tamanho amostral reduzido e ao contexto de produção da fala evidencia uma importante restrição metodológica, indicando que parte significativa dos estudos ainda não contempla adequadamente as condições reais de aplicação.

Em síntese, destaca-se a necessidade de abordagens analíticas mais abrangentes, capazes de incorporar variáveis que reflitam com maior fidelidade as condições forenses reais, contribuindo para o aumento da robustez e aplicabilidade dos resultados. Em estudos futuros, os parâmetros específicos de cada conjunto poderão ser discriminados, possibilitando refinamento dos resultados encontrados.

Dessa forma, em consonância com diretrizes internacionais da área e com a literatura apresentada, a condução na análise deve ser condicionada à adequação do material, impondo cautela na interpretação dos resultados e, quando cabível, a indicação de inviabilidade técnica para a extração de parâmetros acústicos válidos, a fim de evitar que limitações do sinal conduzam a conclusões baseadas em medidas instáveis ou potencialmente equivocadas, tornando-se primordial o domínio da literatura técnica pertinente ao tema.

REFERÊNCIAS

[1] A.P. Silva; M.N. Vieira; A.V. Barbosa. Avaliação de Descritores Acústicos Aplicados à Comparação Forense de Locutor. *Revi.s Bras*. Crim 8: 22–35 (2020).

[2] E. Gold; P. French. The use of long-term formant distributions in forensic speaker comparison.. *Int. J. Speech Lang. Law*. 18: 293–307 (2011).

[3] ENFSI. *Best Practice Manual for the Methodology of Forensic Speaker Comparison*. Version 01. (2022).

[4] M. Behlau, *et al.* Reduzindo o GAP entre a ciência e a clínica: lições da academia e da prática profissional – parte A: julgamento perceptivo-auditivo da qualidade vocal, análise acústica do sinal vocal e autoavaliação em voz. *CoDAS* 4*:*1-12 (2022).

[5] M. Behlau. Voz: o livro do especialista, ThiemeRevinter, Brasil (2001) 130-176.

[6] P.A. Barbosa. Estudos em Fonética e Fonologia. Millenium, Brasil (2021) 151-171.

[7] A. Sepúlveda. Influencia de las propiedades de los registros de audio en sistemas de verificación de hablantes en el contexto forense: una revisión del estado del arte. Rev. logos cienc. tecnol. 11: 181-194 (2019).

[8] H. Cao; Y. Lei. Fundamental frequency statistics. *J. Forensic Sci*. Med. : 217–222 (2017).

APÊNDICE

Tabela 1. Principais parâmetros pesquisados

Parâmetro		Autores
F0 (frequência fundamental)		Künzel, Masthoff; Koster (1995); Nolan (2007); Cicres (2014); Rose; Wang (2016); Cao; Lei (2017); López Escobedo; Pineda Cortés (2017); Rose (2017); San Segundo et al. (2017); Ferreira; Fernandes (2017); de Boer; Heeren (2020); Heeren (2020a); Heeren (2020b); Wagner (2019); Fernández Trinidad (2022); Cavalcanti; Eriksson; Barbosa (2023); Gustafsson; Laukka; Lindholm (2023); Houzar; Nechanský; Skarnitzl (2023); Jessen; Konrat; Horn (2023); Cavalcanti; Eriksson; Barbosa (2024a); Asadi; Asiaee (2025); Chan; Wang (2025); Toppo; Sinha (2026)
G	Espectrais	Nolan (2007); Kavanagh (2013); San Segundo et al. (2017); Zhang et al. (2018); Wagner (2019); Smorenburg; Heeren (2021); Gibb Reid (2022); Fernández Trinidad (2022); Chan (2023); Christensen (2023); Gustafsson; Laukka; Lindholm (2023); Houzar; Nechanský; Skarnitzl (2023); de Boer; Heeren (2024); Niculescu (2024); Gouri; Sharma; Sharma (2024); Asadi; Asiaee (2025); Asadi; Alinezhad; Dellwo (2025); Gavalda; Cicres (2025).
E	Cepstrais	Zhang et al. (2013); Wagner (2019); Kinoshita et al. (2022); Fernández Trinidad (2022); Gibb Reid (2022); Gustafsson; Laukka; Lindholm (2023); Jessen; Konrat; Horn (2023); Asadi; Asiaee (2025); Foulkes et al. (2026).
R	De variabilidades	Cicres (2014); Leemann, Kolly; Dellwo (2014); San Segundo et al. (2017); Ferreira; Fernandes (2017); Smorenburg; Heeren (2021); Fernández Trinidad (2022); Gustafsson; Laukka; Lindholm (2023); Asadi; Alinezhad (2023); Cavalcanti; Eriksson; Barbosa (2024); Asadi; Asiaee (2025).
A	De ruído	Cicres (2014); San Segundo et al. (2017); Fernández Trinidad (2022); Chan (2023); Houzar; Nechanský; Skarnitzl (2023); Jessen; Konrat; Horn (2023); Asadi; Asiaee (2025).
I	De intensidade	Künzel; Masthoff; Koster (1995); Heeren (2020a); Gustafsson; Laukka; Lindholm (2023); Niculescu (2024).
S	Temporais	Künzel; Masthoff; Koster (1995); Kavanagh (2013); Leemann; Kolly; Dellwo (2014); Hughes; Wood; Foulkes (2016); Gold et al. (2018); Zhang et al. (2018); Wagner (2019); Zhang; He; Dellwo (2019); de Boer; Heeren (2020); Heeren (2020a); Heeren (2020b); Lennon; Plug; Gold (2021); Smorenburg; Heeren (2021); Hauser (2021); Gibb Reid (2022); Cao; Mok (2023); Carne (2023); Cavalcanti; Eriksson; Barbosa (2023); Gustafsson; Laukka; Lindholm (2023); Niculescu (2024); Gouri; Sharma; Sharma (2024); Asadi; Alinezhad; Dellwo (2025).

Tabela 2. Principais limitações encontradas

Limitação	Autores
Baixo poder discriminatório individual	Hughes (2013); Kavanagh (2013); Cicres (2014); Leemann, Kolly ; Dellwo (2014); Amino; Osanai (2015); Ahuja; Vyas (2016); Rose ; Wang (2016); Cao ; Lei (2017); Ferreira ; Fernandes (2017); Hughes ; Foulkes (2017); López Escobedo ; Pineda Cortés (2017); Rose (2017); Gold (2018); Zhang et al. (2018); Zhang, He ; Dellwo (2019); De Boer ; Heeren (2020); Heeren (2020a); Heeren (2020b); Cavalcanti, Eriksson ; Barbosa (2021a); Cavalcanti, Eriksson ; Barbosa (2021b); Lennon, Plug ; Gold (2021); Plug, Lennon; Gold (2021); Lo (2021); Gibb Reid (2022); Asadi; Alinezhad (2023); Carne (2023); Cavalcanti, Eriksson ; Barbosa (2023); Chan (2023); Gustafsson, Laukka; Lindholm (2023); Jessen; Konrat; Horn (2023); Cavalcanti; Eriksson; Barbosa (2024a); Gouri; Sharma ; Sharma (2024); Asadi; Alinezhad; Dellwo (2025); Chan; Wang (2025); Foulkes et al. (2026); Toppo; Sinha (2026).

Limitação	Autores
Alta variabilidade	Künzel, Masthoff; Koster (1995); Zhang, van de Weijer; Cui (2006); Nolan (2007); Morrison (2009); Hughes (2013); Kavanagh (2013); Zhang et al. (2013); Cicres (2014); Leemann, Kolly; Dellwo (2014); Amino; Osanai (2015); Ahuja; Vyas (2016); Hughes; Wood; Foulkes (2016); Rose; Wang (2016); Cao; Lei (2017); Ferreira; Fernandes (2017); Hughes; Foulkes (2017); López Escobedo; Pineda Cortés (2017); Rose (2017); San Segundo et al. (2017); Gold (2018); Zhang et al. (2018); Cao; Dellwo (2019); Wagner (2019); Zhang; He; Dellwo (2019); De Boer, Heeren (2020); Heeren (2020a); Heeren (2020b); Cavalcanti; Eriksson; Barbosa (2021); Earnshaw (2021); Lennon, Plug; Gold (2021); Plug, Lennon ; Gold (2021); Smorenburg; Heeren (2021); Lo (2021); Fernández Trinidad (2022); Gibb Reid (2022); Asadi; Alinezhad (2023); Cao; Mok (2023); Cavalcanti, Eriksson; Barbosa (2023); Chan (2023); de Boer; Heeren (2023); Gustafsson; Laukka; Lindholm (2023); Houzar; Nechanský ; Skarnitzl (2023); Jessen, Konrat; Horn (2023); Niculescu (2024); de Boer; Heeren (2024); Asadi; Asiaee (2025); Chan; Wang (2025); Foulkes et al. (2026); Toppo; Sinha (2026).
Sensível/dependente do contexto fonético/linguístico	Morrison (2009); Hughes (2013); Leemann, Kolly; Dellwo (2014); Ahuja; Vyas (2016); Hughes; Wood; Foulkes (2016); Rose; Wang (2016); Cao; Lei (2017); Hughes; Foulkes (2017); López Escobedo; Pineda Cortés (2017); Zhang et al. (2018); Cao; Dellwo (2019); Wagner (2019); Zhang; He; Dellwo (2019); De Boer; Heeren (2020); Heeren (2020a); Heeren (2020b); Earnshaw (2021); Lennon; Plug; Gold (2021); Plug, Lennon ; Gold (2021); Lo (2021); Smorenburg; Heeren (2021); Gibb Reid (2022); Kinoshita et al. (2022); Cao; Mok (2023); Carne (2023); Cavalcanti; Eriksson; Barbosa (2023); Chan (2023); de Boer; Heeren (2023); Gustafsson; Laukka; Lindholm (2023); Houzar; Nechanský; Skarnitzl (2023); Jessen; Konrat; Horn (2023); Niculescu (2024); Cavalcanti; Eriksson; Barbosa (2024a); Cavalcanti; Eriksson; Barbosa (2024b); de Boer; Heeren (2024); Kucharski; Brachmański (2024); Gavalda; Cicres (2025); Asadi; Alinezhad; Dellwo (2025); Chan; Wang (2025); Foulkes et al. (2026); Toppo; Sinha (2026).
Amostra pequena/ pouco representativa	Künzel; Masthoff; Koster (1995); Nolan (2007); Morrison (2009); Hughes (2013); Kavanagh (2013); Gold; French; Harrison (2013); Cicres (2014); Leemann; Kolly; Dellwo (2014); Hughes; Wood; Foulkes (2016); Rose; Wang (2016); Cao; Lei (2017); Ferreira; Fernandes (2017); Hughes; Foulkes (2017); López Escobedo; Pineda Cortés (2017); Rose (2017); San Segundo et al. (2017); Gold (2018); Zhang et al. (2018); Cao; Dellwo (2019); Wagner (2019); Zhang, He; Dellwo (2019); Heeren (2020a); Heeren (2020b); Earnshaw (2021); Hauser (2021); Lennon; Plug; Gold (2021); Plug; Lennon; Gold (2021); Lo (2021); Smorenburg; Heeren (2021); Fernández Trinidad (2022); Gibb Reid (2022); Kinoshita et al. (2022); de Boer; Heeren (2023); Houzar; Nechanský; Skarnitzl (2023); Jessen; Konrat; Horn (2023); Cao; Mok (2023); Gouri; Sharma; Sharma (2024); de Boer; Heeren (2024); Kucharski; Brachmański (2024); Gavaldà; Cicres (2025); Foulkes et al. (2026); Toppo; Sinha (2026).
Sensíveis à qualidade do sinal/condições de gravação	Zhang; van de Weijer; Cui (2006); Nolan (2007); Morrison (2009); Hughes (2013); Gold; French; Harrison (2013); Zhang et al. (2013); Cicres (2014); Hughes; Wood; Foulkes (2016); Rose; Wang (2016); San Segundo et al. (2017); Wagner (2019); Cao; Dellwo (2019); Heeren (2020); Lennon, Plug; Gold (2021); Lo (2021); Smorenburg; Heeren (2021); Kinoshita et al. (2022); Chan (2023); Christensen (2023); de Boer; Heeren (2023); Jessen, Konrat; Horn (2023); Niculescu (2024); Kucharski; Brachmański (2024); Gouri, Sharma; Sharma (2024); Asadi; Asiaee (2025); Asadi, Alinezhad; Dellwo (2025).
Sensíveis às condições ambientais, biológicas, extra-linguísticas	Künzel; Masthoff; Koster (1995); Zhang; van de Weijer; Cui (2006); Nolan (2007); Morrison (2009); Hughes (2013); Kavanagh (2013); Gold; French; Harrison (2013); Zhang et al. (2013); Cicres (2014); Leemann; Kolly; Dellwo (2014); Hughes; Wood; Foulkes (2016); Rose; Wang (2016); Cao; Lei (2017); Ferreira; Fernandes (2017); Hughes; Foulkes (2017); López Escobedo; Pineda Cortés (2017); Rose (2017); San Segundo et al. (2017); Gold (2018); Zhang et al. (2018); Cao; Dellwo (2019); Wagner (2019); De Boer; Heeren (2020); Cavalcanti; Eriksson; Barbosa (2021); Lennon; Plug; Gold (2021); Lo (2021); Smorenburg; Heeren (2021); Fernández Trinidad (2022); Gibb Reid (2022); Kinoshita et al. (2022); Asadi; Alinezhad (2023); Cao; Mok (2023); Carne (2023); Cavalcanti et al. (2023); de Boer; Heeren (2023); Gustafsson, Laukka; Lindholm (2023); Jessen; Konrat; Houzar; Nechanský; Skarnitzl (2023); Niculescu (2024); Cavalcanti et al. (2024b); Gouri; Sharma; Sharma (2024); Kucharski; Brachmański (2024); Asadi; Asiaee (2025); Asadi; Alinezhad; Dellwo (2025); Foulkes et al. (2026); Toppo; Sinha (2026).

M. V. Rodrigues, M. G. Faccin, F. D. Tarragô, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Vestígios e estratégias para mitigar o impacto dos recursos nativos de exclusão de mensagens do WhatsApp na análise forense móvel

M. V. Rodrigues[a], M. G. Faccin[a*], F. D. Tarragô[a]

[a]*Departamento de Criminalística, Instituto Geral de Perícias, Porto Alegre (RS), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: marcio-faccin@igp.rs.gov.br. Tel.: +55-51-98137-3597.*

Palavras-chave: WhatsApp; Forense Móvel; Android; Mensagens Excluídas; Mensagens de Visualização Única.

1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais, observamos a migração das atividades criminais para os meios digitais, acompanhando a onipresença dos smartphones na vida das pessoas. A referência [1] destaca a participação dos serviços de mensagens instantâneas (que permitem a transmissão de áudios, vídeos, imagens, documentos e textos entre diferentes usuários) em atividades ilícitas e o potencial dos dados armazenados por estas aplicações como fonte de evidências: "criminals may indeed use them either to communicate with potential victims, or with other criminals to escape interception. Therefore, IM applications have the potential of being a very rich source of evidentiary information in most investigations."

Contudo, a proliferação desses dispositivos e desses serviços de mensagens instantâneas estão transformando, gradativamente, a disciplina de forense digital numa atividade cada vez mais complexa, conforme [2] e [3]. Assim, [4] destaca a importância dos conhecimentos e habilidades necessários para a realização de diversos processos especializados visando a garantia da integridade e da autenticidade das potenciais evidências digitais, em especial para o primeiro interventor da evidência digital (DEFR): pessoa autorizada, treinada e qualificada para agir no local do incidente, na execução da coleta e aquisição da evidência digital, responsabilizando-se pelo seu manuseio.

A referência [1] também cita, com base em um artigo de 2013, que o *WhatsApp*, com 400 milhões de usuários ativos e uma média diária de mais de 31 bilhões de mensagens, era o aplicativo de mensagens instantâneas mais usado no mundo.

Naturalmente, como uma das ferramentas mais populares e mais poderosas em recursos de comunicação pessoal, o aplicativo de mensagens *WhatsApp* (e suas diversas variações, tanto oficiais quanto não oficiais) é um dos elementos mais analisados na busca pelas evidências forenses necessárias para que as partes do processo criminal (defesa, acusação e juízo) construam mecanismos de convicção quanto aos fatos acontecidos.

Porém, com a estratégia de garantir a privacidade de seus usuários, a *Meta* evolui permanentemente na entrega de funcionalidades que restrinjam o acesso às conversas, tais como as opções de "excluir para todos", as configurações de "mensagens temporárias", as opções de "visualização única", entre outros recursos, os quais, do ponto de vista forense, trazem preocupação sobre o uso indevido visando ocultar as evidências digitais [1][5][6].

Neste cenário, torna-se cada vez mais relevante a publicação de trabalhos que analisem os impactos destes mecanismos de exclusão de mensagens.

Assim, neste trabalho, por meio de experimentos controlados, utilizando telefones e contas de *WhatsApp* pessoais dos membros da equipe, mapeamos os vestígios que podem ser obtidos da extração para a recuperação dessas mensagens que foram excluídas.

Visando obter informações relevantes para a prática pericial, esse trabalho fez uso de uma das ferramentas forenses de extração de dados de dispositivos móveis mais populares nas instalações forenses de todo o mundo (o *Cellebrite Inseyets*).

2. METODOLOGIA

Para o levantamento dos dados, foram realizados experimentos controlados de envio de mensagens em diferentes cenários, verificando, no resultado da extração, quais os vestígios que podem ser utilizados para recuperação das mensagens apagadas.

Foram utilizados dois dispositivos com sistema operacional Android: um aparelho Samsung SM--A520F (nome comercial Galaxy A5) com sistema operacional Android 8.0.0 e um aparelho Xiaomi Redmi 7A com sistema operacional Android 10, ambos com uma instalação do aplicativo *WhatsApp* na configuração padrão.

A conversa entre estes dois dispositivos foi configurada como mensagem temporária com retenção de 24 horas.

Foram realizados envios de diferentes tipos de mensagens, incluindo mensagens de "visualização única" e mensagens enviadas por meio da funcionalidade *WhatsApp Web* mantendo o dispositivo desligado logo após o envio.

A cada conjunto de mensagens enviadas e recebidas eram realizadas extrações de dados, sendo verificados os artefatos presentes no banco de dados do app *WhatsApp* e nos arquivos de logs da aplicação.

3. ESTRATÉGIAS DE PRESERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE MENSAGENS

3.1. Conversas temporárias e mídias de visualização única

Procedeu-se, inicialmente, com o envio normal de mensagens. Após isso, alterou-se a duração das mensagens para 24 (vinte e quatro) horas, testes realizados no dia 25/02/2026 por volta das 14h25min (quando do início da duração de 24 horas das mensagens).

Enviou-se uma imagem de forma normal, e, em seguida, enviou-se uma imagem de visualização única.

Então realizou-se uma extração do tipo *apk downgrade* no smartphone que enviou as mensagens. O app *WhatsApp* internamente na tabela que ficam as mensagens diferencia por códigos o tipo de mensagem, diferenciando uma imagem "normal" de uma imagem de visualização única.

Mesmo após a mensagem de visualização única ter sido aberta no destino, existiam dados sobre ela no smartphone que a enviou. Fica salvo um registro apontando para o diretório ***/data/user/0/com.whatsapp/files/ViewOnce/*** no *Android* e um nome de arquivo aleatório, indicando que aquela mensagem era de visualização única O arquivo em si não ficou salvo neste diretório (mesmo a extração ter sido realizada minutos depois do envio da mensagem). Com base nos registros (localizado em tabela específica que ficam as mensagens de mídia), foi possível recuperar o arquivo visto que o *WhatsApp* salva o link em que o arquivo fica disponibilizado por cerca de 20 (vinte) dias nos servidores do *WhatsApp* e salva também a chave para descriptografia do arquivo, sendo possível recuperar o arquivo realizando-se o download a partir do link que fica salvo nesta tabela e utilizando-se um script externo para descriptografia (fornecendo a este script a chave que também é armazenada pelo *WhatsApp* nesta tabela).

No mesmo dia 25/02/2026, por volta das 15h05min foi enviada nova imagem de visualização única e feita nova extração. Constatado que as informações para download e descriptografia dessa imagem estavam lá registradas no arquivo de banco de dados, bem como as informações da mensagem anterior (que foi a primeira de visualização única) também se mantinham na tabela.

Foi executada nova extração no dia 26/02/2026 por volta das 14h33min, quando já havia transcorrido mais de 24 horas da primeira mensagem no dia anterior. Constatado na extração que o arquivo que ficam as mensagens tinha sido alterado a última vez cerca de 02 (duas) horas da realização da extração (o app *WhatsApp* permaneceu "fechado" por pelo menos 30 minutos antes da realização da extração).

Em nova extração realizada no dia 26/02/2026 por volta das 14h44min, constatou-se que foi executado o procedimento de "limpeza" das mensagens que tinham duração de 24 horas. As mensagens de mídia enviadas no dia anterior foram apagadas automaticamente da tabela citada que guardava o link para download e chave de descriptografia. Tais informações puderam ser recuperadas no backup das conversas que foi gerado automaticamente pelo app *WhatsApp* na madrugada do dia 26/02/2026. Em que pese a limpeza das mensagens com mais de 24 horas ter sido executada, foi possível recuperar essas mensagens no backup automático. Porém, é importante observar que a configuração que determina se o backup será gerado (ou não) e por quanto tempo ele ficará disponível (sendo que o padrão é a manutenção por sete dias), é livre para cada usuário, não sendo uma garantia para recuperação dessas mensagens.

Constatou-se que o app *WhatsApp* cria uma tabela com a "validade" de cada mensagem que está configurada como temporária. A rotina de "limpeza" destas mensagens provisórias não acontece de forma imediata à data/hora em que a mesma deve expirar. Essa limpeza ocorre quando o app *WhatsApp* estiver

em execução no dispositivo (o que faz "acionar" esse mecanismo de limpeza), independente do aplicativo ser utilizado pelo usuário ou estar em segundo plano. Caso o smartphone permaneça em "repouso" a rotina não é executada. Nos testes realizados o smartphone ficou em repouso por algumas horas (sem qualquer uso) e mensagens que deveriam ter sido limpas constavam na extração (ao abrir o app *WhatsApp* fez acionar esse mecanismo de limpeza).

3.2. Uso da funcionalidade WhatsApp Web

A utilização/abertura do app *WhatsApp* também faz acionar outro mecanismo muito utilizado: a sincronização com o *WhatsApp Web*. Realizados testes que o app foi conectado ao *WhatsApp Web* e o smartphone fora desligado. É possível enviar/receber mensagens pelo *WhatsApp Web* e estas mensagens não estão registradas no app instalado no smartphone. Já com o aparelho smartphone ligado, foi constatado que essa sincronização das mensagens enviadas/recebidas pelo *WhatsApp Web* só ocorre quando o app é aberto no smartphone. Isso faz com que se tenha duas conversas entre os mesmos interlocutores, porém, podem não estar sincronizadas.

A mesma questão das mensagens com duração temporária foi constatada no *WhatsApp Web*, as mensagens só são excluídas quando acontece um "refresh" da tela (a alternância de conversas faz com que esse mecanismo seja acionado), no caso a tela fique em uma conversa sempre com o mesmo interlocutor, as mensagens não são excluídas de forma automática e imediata a sua data de expiração.

Dos testes de envio e recebimento de mensagens de visualização única pelo *WhatsApp Web* foi constatado que as mensagens recebidas de terceiros não podem ser visualizadas no *WhatsApp Web*, a página "força" o usuário abrir o app *WhatsApp* instalado no smartphone.

Já as imagens de visualização única que são enviadas a partir do *WhatsApp* são possíveis de recuperação. Diferente do smartphone em mãos que é possível fazer uma extração de dados com as ferramentas forenses (Cellebrite por exemplo), para extrair os dados do *WhatsApp Web* é necessário utilizar ferramentas específicas, como, por exemplo, a ferramenta forense *ZAPiXWEB* [7] (de acordo com nossos testes, esta ferramenta pode apresentar um elevado grau de sucesso). Nos testes realizados utilizando-se o *WhatsApp Web* conectado via navegador *Mozilla Firefox*, foi possível com a ferramenta *ZAPiXWEB* ler o código-fonte da tela do *WhatsApp*. Esse código-fonte foi salvo em diversos arquivos (a maioria em formato JSON) e necessitou de interpretação visual. Foi identificado neste código-fonte o link do servidor do *WhatsApp* onde ficou hospedado o arquivo de imagem que foi enviado como visualização única (enviado pelo próprio *WhatsApp Web*), bem como se encontrou neste código a chave de descriptografia para este arquivo, permitindo realizar o procedimento já descrito anteriormente de download do arquivo encriptado e posterior descriptografia do mesmo.

A sincronização do *WhatsApp Web* com o smartphone pode trazer dois riscos que se opõe: de um lado mensagens com duração temporária serem apagadas e de outro lado mensagens que só existiam no *WhatsApp Web* serem "baixadas" para o app *WhatsApp* instalado no smartphone.

Já a própria manipulação do app *WhatsApp* (abrir o aplicativo) pode trazer consequências prejudiciais, dado que isso faz acionar o mecanismo de limpeza das mensagens temporárias.

3.3. Simulando uma apreensão

Foram realizadas novas conversas entre os dois dispositivos no dia 27 de abril, entre 14:52 e 15:00. As Figuras 1 e 2 ilustram algumas das mensagens enviadas e recebidas no dispositivo Redmi 7A. Logo a seguir, simulando a apreensão dos dispositivos, conforme POP SENASP [8], os dois dispositivos foram colocados em modo avião e desligados, permanecendo desligados até o dia 4 de maio.



Figura 1. Trecho de conversas antes da apreensão simulada



Figura 2. Trecho de conversa antes da apreensão simulada

Ao inicializarmos os dois dispositivos para conectar ao *Cellebrite* e realizar a extração dos dados, observamos que o aplicativo *WhatsApp* inicializa de forma automática, e que a execução da rotina de exclusão das mensagens temporárias é executada poucos segundos depois da inicialização, fazendo com que nenhuma das mensagens trocadas no dia 27 de abril estivessem presentes no arquivo **msgstore.db** das extrações.

Por exemplo, no arquivo de log do Samsung Galaxy A5, identificamos o desligamento do dispositivo no dia 27/04, às 15:05:55, conforme abaixo:

2026-04-27 15:05:55.428 LL_I D [2:main] GcmFGServiceManager/stopService wasRunning=-false ccq= CcqStats(totalStanzaCounts=0) reason=OFFLINE_RESUME_COMPLETED

Logo a seguir, identificamos a inicialização do WhatsApp às 15:29:16 do dia 4/05:

2026-05-04 15:29:16.531 LL_I D [247:Logger (2.26.13.73(927974023))] ==== logfile level=3 tz=-0300 ====

Pouco depois, às 15:29:24, verificamos a execução das rotinas de exclusão das mensagens temporárias:

2026-05-04 15:29:24.901 LL_I D [317:EphemeralExecutor] EphemeralUpdateRunnable/processMessages type: 2 time: 1777919364917

Destaca-se que, ao desligar o dispositivo imediatamente após a "apreensão", não permitimos que essas mensagens fossem armazenadas no *backup*. Portanto, a exclusão das mensagens foi quase definitiva: no Redmi 7A não sobraram vestígios de nenhuma das mensagens; no Samsung, uma mensagem (com o texto "Foto de 14:59") ainda estava disponível no arquivo de WAL (de cache do banco de dados), mas todas as demais se perderam em definitivo.

Além disso, das extrações realizadas com os smartphones utilizados nos testes, constatou-se que cada arquivo trafegado possui uma chave de descriptografia única, porém a mesma chave fica armazenada tanto no smartphone que envia como no smartphone que recebe o arquivo. Entretanto, constatou-se que, logo após a abertura do arquivo de "visualização única" no smartphone que recebe o arquivo, esta chave de descriptografia é apagada. Assim, essa chave é recuperada somente no smartphone que enviou o arquivo ou então se a extração no smartphone que recebeu a mensagem for realizada antes da visualização do arquivo.

5. CONCLUSÕES

Com base nos testes realizados e aqui descritos, comprovamos a afirmação de [3]: "no domínio digital, o perigo de alteração e de perda assume intensidade particular, por se tratar de informação imaterial, frequentemente volátil, e muitas vezes sensível a simples operações de acesso e processamento.", ao observarmos a exclusão definitiva de mensagens antes da realização da coleta dos dados, sem nenhuma ação intencional por parte do primeiro interventor. Conforme descrito neste artigo, a utilização/abertura do app *WhatsApp* no smartphone pode ocasionar a destruição de mensagens que tiveram seu "prazo de vida" expirado em momento anterior. Já a utilização do *WhatsApp Web* sem os devidos cuidados (uma simples alternância de conversas) também pode fazer com que essas mensagens que tiveram seu "prazo de vida" expirado venham a ser eliminadas.

Destacamos assim, a necessidade da realização da coleta de dados no menor tempo possível após a apreensão dos dispositivos móveis, visto que, conforme também concluído por [9], "a postergação pode produzir não apenas um "atraso", mas uma mudança de qualidade do que se consegue extrair e validar".

Além disso, observamos que a coleta imediata de dados da nuvem (cujo prazo de retenção atualmente parece ser menor do que 20 dias) pode permitir a recuperação das mídias de "visualização única" enviadas, permitindo o vínculo com as mensagens existentes no banco de dados.

Também ressaltamos que, quando possível, é altamente recomendável a apreensão dos dois smartphones envolvidos em uma conversa, de modo que, caso as mensagens tenham sido excluídas de um lado, possam vir a ser recuperadas no outro lado, conforme as situações aqui exemplificadas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os colegas do IGP/RS que colaboraram para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] C.Anglano. “Forensic Analysis of WhatsApp Messenger on Android Smartphones”. *Digital Investigation Journal*, Vol. 11, No. 3, pp. 201–213 (2014). doi:10.1016/j.diin.2014.04.003. Retirado em 25/04/2026, de https://www.researchgate.net/ publication/262641460 Forensic Analysis of WhatsApp Messenger on Android Smartphones

[2] A.Al-Dhaqm; S.A.Razak; R.A.Ikuesan; V.R.Kebande; e K.Siddique. “A review of mobile forensic investigation process models”. IEEE Access, 8 (2020). doi:10.1109ACCESS.2020.3014615. Retirado em 23/04/2026, de https://www.researchgate.net/ publication/ 343494168 A Review of Mobile Forensic Investigation Process Models / fulltext / 5f2cbf26a-6fdcccc43b02b90 / A Review of Mobile Forensic Investigation Process Models.pdf

[3] D.R.S.Avelar; G.A.Wanderley; M.Saad; V.R.L.P.Marinho. Fundamentalismo de dados e a admissibilidade da prova digital. *Site Consultor Jurídico* (28/02/2026). Retirado em 25/03/2026, de https:// www.conjur.com.br/2026 fev 28/fundamentalis-mo de dados e a admissibilidade da prova digital/

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO/IEC 27037: diretrizes para identificação, coleta, aquisição e preservação de evidência digital. Rio de Janeiro, 2013.

[5] D.Sudiana; C.H.Nuruddin; M.Rizkinia; D.Husna. “Forensic Analysis of WhatsApp Disappearing Message on Unrooted Android Using Mobile Device Forensics Methodology NIST SP 800-101r1”. *EVERGREEN Joint Journal of Novel Carbon Resource Sciences & Green Asia Strategy*, Vol. 11, Issue 01, pp516-524 (2024). Disponível em https://www.tj.kyushu-u.ac.jp/evergreen/ contents/EG2024-11_1_ content/pdf/ pp516-524.pdf

[6] H.Heath; Á.MacDermott; A.Akinbi. “Forensic analysis of ephemeral messaging applications: Disappearing messages or evidential data?”. *Forensic Science International: Digital Investigation*, Elsevier, V. 46, p.301585 (2023). Retirado em 25/04/2026, de http://dx.doi.org/10.1016/j.fsidi.2023.301585.

[7] A.Magno. “Script for WhatsApp Web Client Live Forensics”. Retirado em 27/04/2026, de https://github.com/kraftdenker/ZAPiXWEB.

[8] SECRETARIA NACIONAL DE SEGURANÇA PÚBLICA. Procedimento Operacional Padrão: Perícia Criminal. Brasil: Ministério da Justiça e Segurança Pública, 2024. POP N° 5.03 - Informática Forense - Exame Pericial de Local de Informática (https:// www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/analise-e-pesquisa/pop/pop-pericia-criminal-2024-informatica-forense-vol-5-pdf.pdf, pg. 35 à 46)

[9] L.M.B.Stefano; P.B.Mourão; A.M.da Rosa. Quando a flecha do tempo compromete a prova digital. *Site Consultor Jurídico* (27/02/2026). Retirado em 02/03/2026, de https://www.conjur.com.br/ 2026_ fev_27/quando_a_flecha_do_tempo_compromete_a_ prova_digital/.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Impacto de Plataformas de Videoconferência na Análise Acústica da Fala: Implicações para Exames Periciais de Comparação Forense de Locutores

M. T. A. Braga[a*], P. Baron[b*], S. B. S. Moraes[c], A. P. Sanches[d].

[a]*Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS, Porto Alegre (RS), Brasil*
[b]*Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis (SC), Brasil*
[c]*Fonoaudiologia Forense RS, FFRS, Porto Alegre (RS), Brasil*
[d]*Ministério Público do Estado de São Paulo - MPSP, São Paulo (SP), Brasil*
***Endereço de e-mail para correspondência: tatiane.braga84@edu.pucrs.br Tel.: +55- 51- 99.494141*

Palavras-chave: Comparação Forense de Locutores; Fonética Acústica; Processamento de Áudio; Videoconferência; Evidência Digital.

1. INTRODUÇÃO

A expansão do uso de plataformas de videoconferência ampliou a produção de registros de fala em ambientes digitais, inclusive em situações com potencial interesse jurídico, investigativo e pericial. Em exames que envolvem voz e fala, especialmente na Comparação Forense de Locutores (CL), a obtenção de amostras de fala-padrão pode ocorrer de forma presencial ou remota, a depender das condições logísticas, territoriais e operacionais do caso. Embora a coleta remota apresente vantagens práticas, como redução de deslocamentos, maior alcance territorial e maior celeridade na obtenção do material, ela também introduz desafios técnicos relacionados à preservação do sinal acústico.

Diferentemente de uma gravação local realizada em formato sem compressão, o áudio transmitido por plataformas de comunicação síncrona pode ser submetido a diferentes formas de processamento automático, como supressão de ruído, cancelamento de eco, controle automático de ganho, compressão de dados e filtragem espectral. Tais processos podem modificar características temporais, espectrais e prosódicas do sinal de fala, interferindo em parâmetros relevantes para a análise fonético-acústica, como frequência fundamental, estrutura formântica, intensidade, duração e distribuição espectral de segmentos fricativos [01-03].

Documentos técnicos voltados à evidência digital e multimídia recomendam que procedimentos envolvendo áudio forense sejam conduzidos com documentação detalhada da cadeia técnica de obtenção, registro das ferramentas utilizadas e avaliação prévia dos métodos empregados [04-05]. No contexto de coleta remota, essa recomendação torna-se especialmente relevante, uma vez que o áudio analisado pode representar não apenas a voz produzida pelo falante, mas também o resultado de uma cadeia de captação, transmissão, codificação, processamento e armazenamento.

Nesse contexto, torna-se relevante investigar de que modo diferentes plataformas e modos de registro preservam ou modificam propriedades acústicas da fala. A análise de segmentos com características acústicas distintas permite observar diferentes níveis de sensibilidade à cadeia de captura. A vogal média-baixa anterior não arredondada [ɛ] permite avaliar parâmetros relacionados à estrutura formântica e à periodicidade vocal, enquanto a fricativa /S/ em posição de coda possibilita observar a preservação de energia aperiódica, especialmente em faixas de frequência mais elevadas. Além disso, a análise da frequência fundamental, de histogramas de F0 e de curvas melódicas permite verificar a manutenção de aspectos prosódicos do sinal nas diferentes condições de captura.

A seleção da vogal [ɛ] foi definida com o objetivo de investigar um segmento vocálico periódico, anterior e com estrutura formântica favorável à análise de F1 e F2. Essa escolha considerou que ruídos, baixa relação sinal-ruído e processos de transmissão, com-

pressão e filtragem presentes em interações telefônicas ou em plataformas digitais podem comprometer a nitidez espectral de algumas vogais, dificultando a delimitação do segmento e a identificação confiável dos formantes [09-11]. Além disso, por se tratar de uma vogal anterior, a análise de [ɛ] mostra-se pertinente para estudos de comparação forense de locutores, uma vez que vogais anteriores apresentam potencial discriminatório relevante em português brasileiro [12].

Já a seleção da fricativa /S/ em posição de coda fundamentou-se em sua relevância para a análise fonético-forense e em seu potencial discriminatório amplamente documentado na literatura especializada. Parâmetros espectrais extraídos desse segmento, especialmente centro de gravidade, desvio-padrão espectral, assimetria e curtose, têm sido amplamente empregados na caracterização acústica da fala e em exames de comparação forense de locutores. Recentemente, a literatura nacional e internacional tem demonstrado que tais parâmetros também apresentam utilidade na diferenciação entre vozes naturais e vozes sintéticas geradas por sistemas de inteligência artificial, incluindo tecnologias de clonagem vocal e *Deepfakes*. Esse achado evidencia a elevada sensibilidade da fricativa /S/ a modificações introduzidas por processos artificiais de síntese, processamento e transmissão do sinal de fala. Em razão dessas características, a análise desse segmento mostra-se particularmente pertinente para investigações que buscam avaliar o impacto de diferentes cadeias de captura e processamento digital sobre parâmetros acústicos de interesse forense [13].

O objetivo deste estudo foi comparar a captura de áudio realizada pelas plataformas *Google Meet, Zoom, Microsoft Teams*, em condições de transmissão por rede de internet, bem como por intermédio dos *Softwares Praat* (versão 6.4.47) e *OBS Studio* (versão 32.10), analisando possíveis diferenças em medidas acústicas segmentais e prosódicas extraídas de amostras de fala, com vistas à discussão de suas implicações para a análise fonético-forense de áudios obtidos em ambiente remoto.

2. MÉTODO

Trata-se de um estudo de natureza experimental, exploratória e descritivo-comparativa, delineado com base na análise de amostras de fala produzidas por uma única participante adulta, do gênero feminino, sem alterações vocais identificadas, submetida a distintas condições de captura e/ou transmissão digital do sinal de fala. A utilização de um mesmo participante teve como finalidade reduzir a interferência da variabilidade interfalante e favorecer a comparação direta entre as condições analisadas.

Foram consideradas cinco condições de registro: gravação local de referência realizada por meio do *Software Praat* e gravações obtidas por intermédio das plataformas *Google Meet, Zoom, Microsoft Teams* e pelo *Software OBS Studio*. O registro produzido no *Software Praat* foi adotado como condição de referência para as análises. As demais condições foram comparadas a esse material, com o objetivo de verificar possíveis variações decorrentes da mediação tecnológica imposta por cada plataforma. As plataformas de videoconferência foram utilizadas em sua configuração padrão, ou seja, sem ativação intencional de modos avançados de áudio, como recursos específicos de alta fidelidade, som original, modo musical ou configurações especializadas. Essa decisão metodológica teve como objetivo simular uma condição realista de coleta remota em contexto pericial, considerando que o participante submetido à coleta de voz e de fala pode não possuir conhecimento técnico para alterar configurações internas da plataforma. Assim, optou-se por analisar o comportamento do áudio conforme ele é usualmente capturado, processado, gravado e disponibilizado pela própria plataforma em seu modo padrão de funcionamento.

O procedimento de coleta simulou uma situação de perícia voltada à obtenção de amostra-padrão de fala. A participante foi submetida a uma entrevista semiestruturada, composta por perguntas direcionadas, relato de um dia de sua rotina, leitura de frases e produção de vogais sustentadas. A inclusão dessas tarefas teve como finalidade contemplar diferentes condições de produção da fala, incluindo fala semiespontânea dirigida, fala lida e emissão sustentada. Dessa forma, buscou-se aproximar o protocolo experimental de situações periciais, no que se refere à suficiência de material linguístico para a realização de análises perceptivo-auditivas, fonético-acústicas e linguísticas.

As coletas foram realizadas buscando-se manter constantes as condições gerais de produção, incluindo ambiente, equipamento, tarefa de fala e posicionamento do dispositivo de captação. Foram registrados metadados dos arquivos originais, incluindo plataforma ou *Software* utilizado, condição de captura, modo de captura, configuração de áudio, formato, taxa de amostragem, canal e observações técnicas. Esses metadados foram obtidos por meio do *Software MediaInfo* (versão 25.10), e se referem aos arquivos originais gerados por cada plataforma ou *Software* empregado na captura dos sinais de fala.

Após a caracterização técnica dos arquivos originais, todos os arquivos foram convertidos para o formato WAV por meio do *Software FFmpeg (versão 4.4.1),* utilizando comando de linha, para posterior análise acústica no *Software Praat.* A conversão teve como finalidade padronizar o formato dos arquivos para segmentação e extração das medidas acústicas, sem substituir os metadados originais dos arquivos gerados pelas plataformas. Dessa forma, os metadados apresentados referem-se aos arquivos originais, enquanto as medidas acústicas foram extraídas dos arquivos convertidos para WAV.

Além dos metadados, foi realizada inspeção espectrográfica dos arquivos, com o objetivo de verificar a faixa de frequência efetivamente preservada no sinal de fala. Essa etapa permitiu diferenciar a frequência máxima teoricamente representável pelo arquivo, indicada pela taxa de amostragem, da banda efetiva observada no espectrograma. Assim, a análise técnico-acústica não se restringiu às informações estruturais do arquivo, mas também considerou a preservação visual da energia espectral, especialmente em regiões de alta frequência.

O protocolo de fala incluiu estímulos contendo a vogal [ɛ] e a fricativa /S/ em posição de coda. As amostras foram importadas para o *Software Praat*, no qual foram realizadas a inspeção acústica, a segmentação e a extração das medidas. Para cada arquivo, foram criadas camadas de anotação para identificação dos segmentos-alvo. A vogal [ɛ] foi delimitada com base na presença de periodicidade, estabilidade formântica e redução das transições articulatórias adjacentes. A fricativa /S/ em posição de coda foi delimitada a partir da inspeção conjunta do oscilograma e do espectrograma, considerando o início e o fim da energia aperiódica associada à turbulência fricativa.

A análise foi organizada em três eixos. O primeiro correspondeu à caracterização técnico-acústica dos arquivos. O segundo correspondeu à análise acústica segmental da vogal [ɛ] e da fricativa /S/ em posição de coda. Para a vogal, foram extraídas medidas de primeiro formante (F1) e segundo formante (F2). Para a fricativa, foram extraídas medidas de centro de gravidade, desvio-padrão espectral, assimetria e curtose. O terceiro eixo correspondeu à análise prosódica, contemplando F0 média, F0 mediana, F0 mínima, F0 máxima, amplitude de variação da frequência fundamental (F0) - Range e desvio-padrão de F0.

As medidas obtidas em cada condição foram comparadas à gravação local de referência. Para a descrição preliminar dos resultados, foram consideradas as médias das medidas acústicas calculadas a partir das ocorrências de produção de cada item lexical em cada condição de captura, as quais variaram entre 15 e 18 realizações por palavra. Adicionalmente, foram examinadas as diferenças observadas em relação à condição de referência.

3. RESULTADOS

Os resultados foram organizados em quatro eixos: caracterização técnico-acústica dos arquivos, análise formântica da vogal [ɛ], análise espectral da fricativa /S/ em posição de coda e análise prosódica por meio de medidas de F0.

Inicialmente, foram analisados os metadados e a faixa efetiva observada no espectrograma dos arquivos obtidos nas cinco condições de captura. Conforme apresentado na Tab. 1, os *Softwares Praat* e *OBS Studio* apresentaram faixa efetiva observada de aproximadamente 24 kHz. As plataformas online apresentaram redução dessa faixa, com 16 kHz no *Google Meet*, 12 kHz no *Zoom* e 8 kHz no *Microsoft Teams.* Esses achados indicam que a taxa de amostragem informada nos metadados não necessariamente corresponde à faixa acústica efetivamente preservada no sinal de fala.

Ferramenta	**Condição**	**Modo de Captura**	**Formato/ Codec**	**Canais**	**Taxa de Amostragem**	**Largura de Banda Efetiva Observada no Espectrograma**
Software Praat	Registro Presencial de Referência	Gravação Local Direta do Sinal de Fala	WAV	Monocanal	48kHz	24kHz
Software OBS Studio	Captura no OBS Studio	Gravação Nativa do *Software*	MKV/AVC	Monocanal	48kHZ	24kHz
Plataforma Google Meet	Online	Gravação em Ambiente Remoto e Nativa da *Software*	M4A/AAC	Monocanal	48kHz	16kHz

Ferramenta	**Condição**	**Modo de Captura**	**Formato/ Codec**	**Canais**	**Taxa de Amostragem**	**Largura de Banda Efetiva Observada no Espectrograma**
Plataforma Zoom	Online	Gravação em Ambiente Remoto e Nativa da *Software*	MP4/AAC	Monocanal	48kHz	12kHz
Plataforma Microsoft Teams	Online	Gravação em Ambiente Remoto e Nativa da Software	MP4/AAC	Monocanal	16kHZ	8kHz

Tabela 1. Caracterização dos arquivos originais obtida pelo MediaInfo

Na análise formântica da vogal [ɛ], a gravação de referência realizada no S*oftware Praat* apresentou F1 médio de 692,4 Hz e F2 médio de 2123,8 Hz. Em comparação, as plataformas, o *Google Meet* apresentou F1 médio de 676,5 Hz e F2 médio de 2024,3 Hz; o *Microsoft Teams* apresentou F1 médio de 642,1 Hz e F2 médio de 2009,9 Hz; o *Software OBS Studio* apresentou F1 médio de 731,9 Hz e F2 médio de 1904,3 Hz; e o *Zoom* apresentou F1 médio de 667,1 Hz e F2 médio de 1985,2 Hz. Em relação à condição de referência, os valores de F2 foram inferiores em todas as demais condições, sendo a maior diferença observada no *Software OBS Studio*, seguido pelas demais condições experimentais, pelas plataformas: *Zoom*, *Microsoft Teams* e *Google Meet,* conforme apresentado na Figura 1.

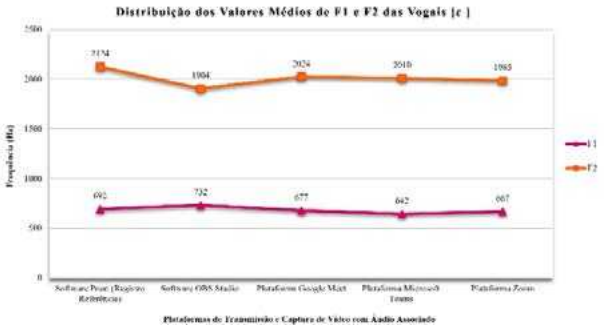


Figura 1. Distribuição de F1 e F2 da vogal [ɛ] nas diferentes condições de captura

Na análise espectral da fricativa /S/ em posição de coda, foram observadas diferenças mais expressivas entre as condições (Fig. 2). A gravação de referência apresentou centro de gravidade médio de 6822,7 Hz e desvio-padrão espectral médio de 1476,2 Hz. A plataforma *Google Meet* apresentou centro de gravidade médio de 9361,1 Hz e desvio-padrão de 1929,7 Hz; a plataforma *Microsoft Teams* apresentou centro de gravidade médio de 5899,7 Hz e desvio-padrão de 979,3 Hz; o *Software OBS Studio* apresentou centro de gravidade médio de 6371,1 Hz e desvio-padrão de 1203,8 Hz; e o *Zoom* apresentou centro de gravidade médio de 8819,5 Hz e desvio-padrão de 1880,1 Hz.

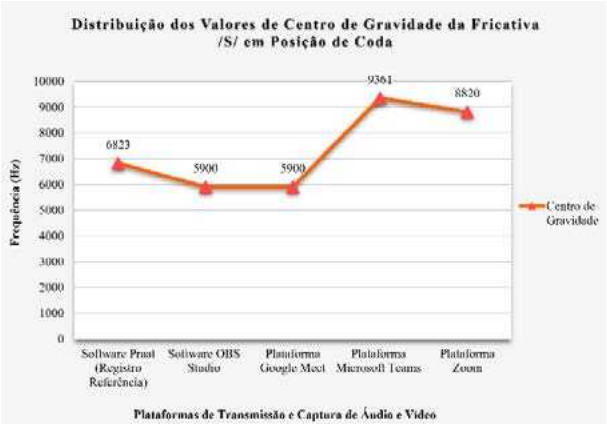


Figura 2. Centro de gravidade e desvio-padrão espectral da fricativa /S/ em posição de coda nas diferentes condições de captura.

Já as plataformas *Google Meet e Zoom* apresentaram centro de gravidade superior ao da referência, enquanto a plataforma *Microsoft Teams* e o *Software OBS Studio* apresentaram valores inferiores. O desvio-padrão espectral também foi maior nas plataformas *Google Meet* e *Zoom,* e menor na plataforma *Microsoft Teams* e no *Software OBS Studio*. Esses resultados indicam que a fricativa /S/ foi mais sensível às alterações decorrentes da cadeia de captura do que a vogal [ɛ].

Na análise prosódica, as medidas centrais de F0 apresentaram menor variação entre as condições. A gravação de referência apresentou F0 média de 202 Hz e F0 mediana de 197 Hz. Nas demais condições, a F0 média variou entre 198 Hz e 208 Hz. Entretanto, todas as condições apresentaram redução da amplitude de variação da frequência fundamental (F0) - Range em relação ao *Software Praat,* que apresentou 297 Hz. A amplitude de variação da frequência fundamental (F0) - *Range* correspondeu a 284 Hz na plataforma *Google Meet*, 280 Hz na plataforma *Microsoft Teams*, 268 Hz no *Software OBS Studio* e 273 Hz na plataforma *Zoom*. Esses achados sugerem maior preservação das medidas centrais de F0, mas uma possível redução da amplitude melódica capturada nas demais condições.

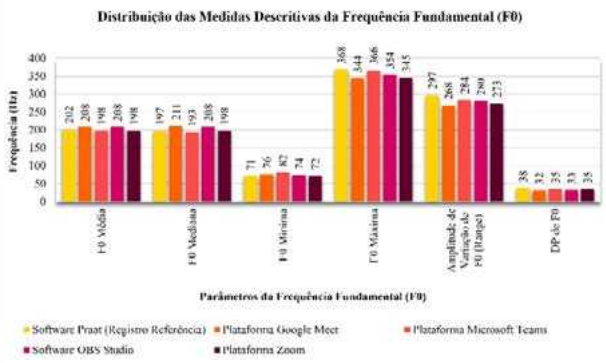


Figura 3. Medidas de F0 nas diferentes condições de captura

De modo geral, os resultados indicam que as condições de captura diferiram tanto em características técnico-acústicas dos arquivos quanto em medidas segmentais e prosódicas. As maiores diferenças foram observadas nas medidas espectrais da fricativa /S/, enquanto as medidas centrais de F0 apresentaram maior estabilidade. A inspeção espectrográfica mostrou-se necessária para complementar os metadados, especialmente em arquivos obtidos por plataformas online.

4. DISCUSSÃO

Os resultados preliminares deste estudo indicam que a captura de amostras de fala por plataformas digitais pode produzir modificações mensuráveis no sinal acústico, mesmo quando os arquivos apresentam metadados aparentemente compatíveis com a análise de fala. Esse achado é relevante para a prática pericial, pois demonstra que a taxa de amostragem informada pelo arquivo não deve ser interpretada isoladamente como garantia de preservação integral da banda acústica útil. Na planilha de caracterização técnica, o *Software Praat* e o *Software OBS Studio* apresentaram faixa efetiva observada de 24 kHz, enquanto as plataformas *Google Meet, Zoom e Microsoft Teams* apresentaram, respectivamente, 16 kHz, 12 kHz e 8 kHz de faixa efetiva observada no espectrograma. Assim, a análise dos metadados deve ser complementada pela inspeção espectrográfica, uma vez que o arquivo digital pode manter uma estrutura formal compatível com alta taxa de amostragem, mas apresentar perda ou filtragem de energia em determinadas faixas de frequência.

Essa distinção entre metadados e o sinal acústico efetivamente preservado é especialmente importante em áudios provenientes de videoconferência. Diferentemente de uma gravação local sem transmissão, as plataformas como o *Google Meet, o Zoom e o Microsoft Teams* podem aplicar compressão, filtragem, controle automático de ganho, cancelamento de eco e supressão de ruído. Esses mecanismos têm por finalidade melhorar a inteligibilidade comunicativa em tempo real, mas podem alterar características relevantes para a análise fonético-acústica. No contexto forense, isso significa que parte das diferenças observadas entre uma amostra questionada e uma amostra-padrão pode decorrer da cadeia de captura e processamento digital, e não necessariamente de diferenças anatômicas, fisiológicas ou comportamentais entre falantes.

As maiores variações foram observadas nas medidas espectrais da fricativa /S/ em posição de coda. A gravação de referência realizada no *Software Praat* apresentou centro de gravidade médio de 6822,7 Hz e desvio-padrão espectral médio de 1476,2 Hz. Em comparação, o *Google Meet* apresentou centro de gravidade médio de 9361,1 Hz e desvio-padrão de 1929,7 Hz, enquanto o *Zoom* apresentou centro de gravidade médio de 8819,5 Hz e desvio-padrão de 1880,1 Hz. Por outro lado, o *Microsoft Teams* e o *Software OBS Studio* apresentaram valores inferiores à referência, com centro de gravidade médio de 5899,7 Hz e 6371,1 Hz, respectivamente. Esses resultados sugerem que as plataformas não modificam a fricativa de maneira uniforme: algumas condições parecem deslocar a distribuição de energia para faixas mais altas, enquanto outras reduzem ou estreitam a energia espectral disponível.

Esse achado possui implicação direta para a comparação forense de locutores, pois as fricativas dependem fortemente da distribuição de energia em altas frequências. Alterações no centro de gravidade e no desvio-padrão espectral podem modificar a aparência acústica de segmentos que, em condições ideais, poderiam contribuir para a caracterização fonética do falante. No entanto, quando o áudio é obtido por videoconferência, essas medidas podem refletir também o comportamento do algoritmo da plataforma diante da turbulência fricativa. Portanto, diferenças espectrais observadas em fricativas não devem ser interpretadas de forma isolada como marcas individuais do locutor, sem considerar a origem técnica do arquivo e o modo de captura utilizado.

As vogais também apresentaram variações, embora menos expressivas que as fricativas. Na vogal [ɛ], a gravação de referência apresentou F1 médio de 692,4 Hz e F2 médio de 2123,8 Hz. Nas demais condições, o F2 foi inferior ao da referência em todas as plataformas: 2024,3 Hz no *Google Meet*, 2009,9 Hz no *Microsoft Teams,* 1985,2 Hz no *Zoom* e 1904,3 Hz no *Software OBS Studio*. Esse padrão sugere que a estrutura formântica foi parcialmente modificada pela cadeia de captura, especialmente no segundo formante. Embora tais diferenças devam ser interpretadas com cautela, por se tratar de estudo exploratório e com número li-

mitado de tokens, elas indicam que mesmo parâmetros tradicionalmente utilizados na análise acústica de vogais podem sofrer deslocamentos em função do ambiente de gravação.

Em relação à frequência fundamental, as medidas centrais apresentaram maior estabilidade entre as condições. A gravação de referência apresentou F0 média de 202 Hz e F0 mediana de 197 Hz, enquanto as demais condições permaneceram próximas desses valores, variando entre 198 Hz e 208 Hz para F0 média. Entretanto, todas as condições apresentaram redução da amplitude de variação da frequência fundamental (F0) - *Range* em relação ao *Software Praat*. A amplitude de variação da frequência fundamental (F0) - *Range* da referência foi de 297 Hz, reduzindo para 284 Hz no *Google Meet*, 280 Hz no *Microsoft Teams* e 273 Hz no *Zoom*, bem como para 268 Hz no *Software OBS Studio*. Esse resultado sugere que, embora a F0 média e a mediana sejam relativamente robustas à transmissão digital, os extremos melódicos podem ser menos preservados. Na prática, isso pode produzir uma espécie de achatamento da dinâmica prosódica, com possível redução da expressividade melódica capturada no arquivo.

Do ponto de vista pericial, os achados reforçam que amostras de fala obtidas por plataformas virtuais devem ser analisadas considerando a cadeia técnica de produção do vestígio. Em uma comparação forense de locutores, uma amostra-padrão coletada nas plataformas *Google Meet, Zoom* ou *Microsoft Teams* pode não ser diretamente equivalente a uma gravação local ou a uma interceptação telefônica, pois cada meio de captura impõe filtros e processamentos próprios ao sinal. Desse modo, diferenças em fricativas, formantes ou alcance de F0 podem decorrer tanto de características do falante quanto das condições tecnológicas de registro. A interpretação pericial deve, portanto, integrar análise perceptivo-auditiva, inspeção espectrográfica, metadados, conhecimento do modo de captura e avaliação crítica da qualidade do sinal.

Por fim, os resultados indicam que o uso de plataformas digitais para coleta de amostras-padrão é viável em determinadas situações operacionais, mas exige cautela metodológica. Recomenda-se que o perito documente a plataforma utilizada, o modo de gravação, as configurações de áudio, o formato original do arquivo, a taxa de amostragem, o codec, o canal, a conversão realizada e a faixa efetiva observada no espectrograma. Também se recomenda evitar conclusões baseadas exclusivamente em parâmetros de alta frequência ou em medidas acústicas isoladas quando a amostra tiver sido obtida por videoconferência. Nesses casos, a conclusão pericial deve reconhecer explicitamente as limitações impostas pela cadeia de captura digital.

5. CONCLUSÕES

Este estudo exploratório demonstrou que diferentes plataformas e modos de captura podem modificar características acústicas relevantes da fala, mesmo quando os arquivos apresentam metadados aparentemente adequados para análise. As maiores alterações foram observadas nas medidas espectrais da fricativa /S/, enquanto as medidas centrais de F0 apresentaram maior estabilidade. A redução da faixa efetiva observada no espectrograma e as variações nos parâmetros acústicos indicam que a análise de áudios obtidos por plataformas digitais deve considerar não apenas o conteúdo vocal, mas 0também a cadeia técnica de captura, processamento e armazenamento.

No contexto da comparação forense de locutores, os achados reforçam a necessidade de cautela na utilização de amostras-padrão coletadas remotamente. Recomenda-se que o perito documente detalhadamente as condições de obtenção do áudio, realize inspeção espectrográfica complementar aos metadados e evite fundamentar conclusões em medidas acústicas isoladas, especialmente quando provenientes de faixas de frequência mais suscetíveis à compressão e à filtragem digital.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[01] WEERATHUNGE, Hasini R.; SEGINA, Roxanne K.; TRACY, Lauren; STEPP, Cara E. Accuracy of Acoustic Measures of Voice via Telepractice Videoconferencing Platforms. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, [S.l.], v. 64, n. 7, p. 2586–2599, 16 jul. 2021. DOI: https://doi.org/10.1044/2021_JSLHR-20-00625.

[02] TAJIRI, Shiho; HIDAKA, Shunsuke; TAKEHISA, Shuhei; HASEGAWA, Sachiyo; OHYAMA, Yukiko; YAMADA, Tomohiro. Acoustic evaluation of voice signal distortion by videoconferencing platforms and devices used in telepractice for cleft palate. C*ongenital Anomalies*, [S.l.], v. 64, n. 6, p. 242–253, nov. 2024. DOI: https://doi.org/10.1111/cga.12584.

[03] PEREPELYTSIA, Valeriia; DELLWO, Volker. Acoustic compression in Zoom audio does not compromise voice recognition performance. *Scientific Reports*, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 18742, 31 out. 2023. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-023-45971-x.

[04] SCIENTIFIC WORKING GROUP ON DIGITAL EVIDENCE. SWGDE Best Practices for Forensic Au-

dio. *Scientific Working Group on Digital Evidence.* 2 jun. 2022.

[05] SCIENTIFIC WORKING GROUP ON DIGITAL EVIDENCE. Minimum Requirements for Testing Tools Used in Digital and Multimedia Forensics. *Scientific Working Group on Digital Evidence.* 2 março 2024.

[06] ZOOM VIDEO COMMUNICATIONS. *Changing audio settings during a Zoom meeting.*

[07] MICROSOFT. *Use high-fidelity music mode to play music in Microsoft Teams.*

[08] GOOGLE. *Filter out noise from your meeting on Google Meet.*

[09] GEFF – GRUPO DE ESTUDOS EM FONÉTICA FORENSE. Protocolo de análise fonético-forense. In: BARBOSA, Plínio Almeida et al. (org.). Análise fonético-forense em tarefa de comparação de locutor. Campinas: *Millennium Editora*, 2020. 192 p.

[10] PASSETTI, Renata Regina. Estudo acústico-perceptual do estilo de fala telefônico com implicações para a verificação de locutor em português brasileiro. 2018. *Tese (Doutorado em Linguística*) – Instituto de Estudos da Linguagem, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

[11] PASSETTI, Renata Regina. Os efeitos da transmissão telefônica e do estilo de fala telefônico no sinal da fala. In: BARBOSA, Plínio Almeida et al. (org.). Análise fonético-forense em tarefa de comparação de locutor. Campinas: *Millennium Editora*, 2020. Cap. 9. p. 107-126.

[12] CAVALCANTI, Júlio César de Oliveira. Multiparametric analysis of acoustic-phonetic measures in genetically and non-genetically related speakers: implications for forensic speaker comparison. 2021. *Tese (Doutorado em Linguística)* – Instituto de Estudos da Linguagem, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2021.

[13] TORRES CASTILLO, F. A.; CUEVA SANCHEZ, Or E.l; JIMENEZ PEÑA, J.; SHICSHI ROMERO, E. A. *Un estudio de caso sobre los cuatro momentos espectrales y el pico de máxima intensidad de /s/ en una voz natural y una voz clonada por la IA Elevenlabs.* Lengua y Sociedad, Lima, v. 23, n. 2, p. 1069-1097, jul./dic. 2024.

E. G. Reis, C. S. M. Furtado, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Estimação de degradação espectral acumulativa em cadeias de codificação com perdas em áudio forense: estudo com 32.292 amostras

E. G. Reis[a,*], C. S. M. Furtado[a].

[a] *Instituto de Criminalística Carlos Éboli, Secretaria de Estado de Polícia Civil, Rio de Janeiro (RJ), Brasil*
[*] *Endereço de e-mail para correspondência: egreis@pcivil.rj.gov.br. Tel.: +55-21-99651-0097.*

Palavras-chave: Áudio forense; Compressão perceptual; AMR/Opus; Degradação espectral; Likelihood Ratio.

1. INTRODUÇÃO

A interceptação telefônica e análise de áudios de aplicativos de mensageria constituem fontes primárias de prova em investigações criminais. Esses áudios raramente chegam aos laboratórios periciais em forma original: sistemas de telefonia (GSM, UMTS, LTE, 5G) e aplicativos (WhatsApp, Telegram) empregam codecs de compressão com perdas — AMR-NB, AMR-WB, Opus — que descartam componentes espectrais consideradas psicoacusticamente irrelevantes [1,2].

A situação agrava-se quando o áudio é submetido a múltiplas transcodificações. Por exemplo, uma ligação VoLTE gravada, convertida para MP3 e reenviada via WhatsApp acumula três compressões com perdas. Cada recompressão introduz novos artefatos e elimina informação espectral adicional, comprometendo progressivamente a qualidade forense do material [3,4].

Apesar da ubiquidade desse fenômeno, a literatura forense carece de estudos quantitativos sistemáticos sobre efeitos cumulativos da recompressão em análises periciais específicas. Estudos anteriores focaram principalmente em detecção de dupla compressão (duas gerações) [3–5], com datasets limitados (<1000 amostras) e restritos a um único codec [6,7]. Este trabalho visa preencher essas lacunas desenvolvendo sistema automatizado de detecção e quantificação de degradação por compressões sucessivas.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

Desenvolver e validar sistema automatizado de quantificação de degradação espectral induzida por compressões sucessivas com codecs perceptuais (0 a 4 gerações).

1.1.2 Objetivos específicos

(1) Construir dataset controlado representativo (32.292 amostras) com histórico de compressão conhecido; (2) Identificar features espectrais discriminativas para classificação de gerações; (3) Treinar classificador robusto com métricas forenses apropriadas; (4) Calibrar sistema de Likelihood Ratio seguindo framework Bayesiano [8,9]; (5) Estabelecer sistema de níveis de adequação pericial baseado em evidências empíricas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Composição do Dataset

Base: 23 falantes masculinos, brasileiros, Estado do Rio de Janeiro, idade entre 20 e 60 anos. Áudio original capturado em 44,1 kHz, 16 bits, formato PCM sem processamento, no estilo conversação espontânea, com gravações entre 1:30 e 1:45 minutos.

Gen0 (Reamostragem): Criadas 4 versões reamostradas (8, 12, 16, 48 kHz) sem aplicação de codec, simulando diferentes taxas de captura = 92 arquivos.

Gen1 (Primeira compressão): Cada Gen0 codificado com codec apropriado em 35 combinações tecnologia/ambiente simulando: GSM 2G (5 variantes AMR-NB), UMTS 3G (6 variantes), VoLTE 4G (8 variantes AMR-WB), VoNR 5G (7 variantes), 5G interceptado (4 perfis), WhatsApp (5 perfis Opus) = 805 arquivos.

Gen2-4 (Recompressões sucessivas): Cada Gen(n) recomprimido com 3 bitrates diferentes gerando Gen(n+1). Progressão: Gen2=2.415, Gen3=7.245, Gen4=21.735 arquivos.

Dataset controlado: 32.292 arquivos canônicos derivados de 23 falantes masculinos após deduplicação por hash SHA-256.

2.2. Extração de features

Total de 47 features espectrais extraídas via Short--Time Fourier Transform (STFT) com janela Hann de 2048 samples e overlap de 75%. Todos os áudios foram reamostrados para 48 kHz antes da extração, garantindo que as bandas de frequência (Low 0–2 kHz, Mid 2–6 kHz, High 6–10 kHz) sejam comparáveis entre tecnologias de diferentes larguras de banda.

Lacunas espectrais (holes): Fração de bins com magnitude < -60 dB em três bandas: Low (0-2 kHz), Mid (2-6 kHz), High (6-10 kHz). Percentis (p05, p25, p50, p75, p95) e estatísticas (média, desvio).

Alta frequência (HF/Temporal): hf_active_ratio (percentual de frames com energia > -40 dB em 4-8 kHz), hf_flatness (planicidade espectral via razão média geométrica/aritmética), hf_rolloff (frequência abaixo da qual está 85% da energia), severe_hf_fraction (fração de frames com energia HF < -60 dB).

Energia e entropia: Densidade de energia por Hz, razões energia HF/total e LF/total, entropia espectral por banda, sparsity de Hoyer.

2.3. Classificação Random Forest

Algoritmo: Random Forest com 100 estimadores, profundidade máxima 20, mínimo 5 samples por split. Para prevenir data leakage, o split treino-teste foi realizado com disjunção completa por falante (speaker-disjoint split via GroupShuffleSplit). Validação cruzada: StratifiedGroupKFold com 5 folds. Baselines: threshold em hf_active_ratio (78%), árvore de decisão (76%). Random Forest superou melhor baseline em +9 pp. Score ordinal: predição contínua [0,4] indicando nível de degradação.

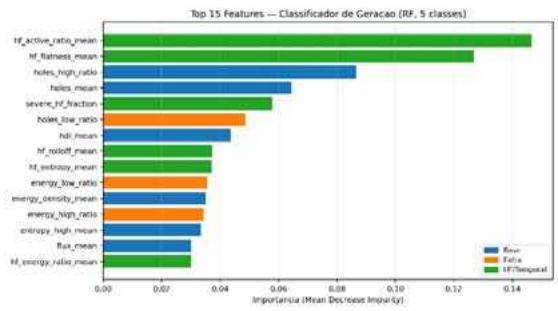


Figura 1. Importância das 15 features mais discriminativas medida por Mean Decrease in Impurity. Features de alta frequência dominam a classificação.

2.4. Sistema de Likelihood Ratio

Para cada geração G, likelihood ratio é definido na Eq. 1:

$$LR_{G(x)} = \frac{P\,(x|Gen = G)}{P(x|Gen \neq G)} \quad (1)$$

onde as probabilidades são estimadas via Kernel Density Estimation (KDE) Gaussiano [8].

Calibração PAV (Pool Adjacent Violators): Algoritmo isotônico aplicado aos LRs brutos para produzir LRs calibrados preservando ordenação [8,9]. Validação leave-one-out para evitar overfitting.

Métricas de qualidade [9,10]: Cllr (log-likelihood--ratio cost) decomposto em Cllr_min (discriminação) + Cllr_cal (calibração); AUC (área sob curva ROC); Brier Score (erro quadrático probabilístico); ECE (Expected Calibration Error). Gráficos Tippett para visualização de distribuições de LR por classe.

2.5. Sistema de Níveis ENFSI

Para cada par de gerações adjacentes (Gi, Gi+1), foram utilizados três métodos de detecção de threshold: (1) KDE: ponto de cruzamento das densidades de kernel; (2) Youden: maximização de sensibilidade + especificidade; (3) Midpoint: ponto médio entre medianas.

Threshold recomendado calculado como média ponderada, como mostra a Eq. 2, priorizando critério de Youden (60%) por sua maior estabilidade empírica, com KDE (40%) atuando como regularizador suavizando fronteiras via densidades empíricas. Análise de sensibilidade com 5 ponderações distintas confirmou estabilidade dos thresholds (variação < 0,05).

$$t_{rec} = \left(\frac{2 \times t_{KDE} + 3 \times t_{Youden}}{5}\right) \quad (2)$$

Mapeamento para 5 níveis: N0 (score < 1,00); N1 (1,00–1,74: uma compressão); N2 (1,74–2,83: duas compressões); N3 (2,83–3,52: três compressões, degradação severa); N4 (≥ 3,52: quatro ou mais compressões).

3. RESULTADOS

3.1. Desempenho do Classificador

Validação cruzada 5-fold speaker-disjoint (StratifiedGroupKFold): Acurácia global de 87,1% (F1-score macro: 87,2%).

Features mais importantes: hf_active_ratio_mean (15,0%), hf_flatness_mean (12,8%), holes_high_ratio (8,9%), holes_mean (6,5%), severe_hf_fraction (5,8%). Dominância de features HF confirma que codecs perceptuais afetam componentes acima de 4 kHz.

Gen0: recall 90,2%, Gen1: 99,6%, Gen4: 94,7%. Confusão concentrada em Gen2↔Gen3 (recall Gen2: 75%, Gen3: 65,5%). Gen0 e Gen1 corretamente ordenados (score Gen0=0,99 < Gen1=1,07).

3.2. Distribuição do Score Ordinal

Score ordinal por geração: Gen0 (mediana: 0,99), Gen1 (1,07), Gen2 (2,50), Gen3 (3,25), Gen4 (3,88). Progressão monotônica de Gen0 a Gen4 confirmada. Maior salto na transição Gen1→Gen2 (+1,43 pontos), indicando que segunda compressão introduz degradação desproporcional.

Nota: testes estatísticos tratam arquivos como observações independentes; a unidade estatística é o falante (n=23). Modelo misto com efeito aleatório de falante planejado para versão estendida.

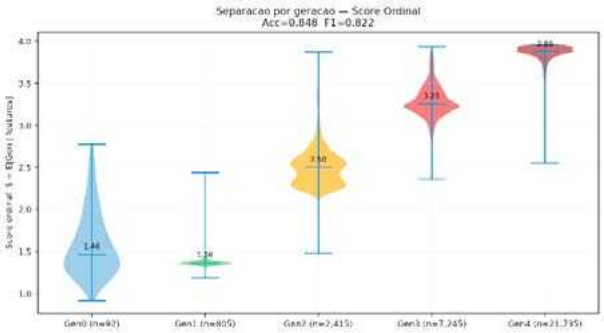


Figura 2. Distribuição do score ordinal por geração. Acurácia: 87,1%; F1: 87,2% (split speaker-disjoint, features a 48 kHz).

3.3. Curvas ROC e Performance Binária

Classificação One-vs-Rest (Figura 3): Gen0 (AUC=1,000), Gen1 (AUC=1,000), Gen2 (AUC=0,906), Gen3 (AUC=0,916), Gen4 (AUC=0,916). Todas as classes com AUC > 0,90 após padronização para 48 kHz.

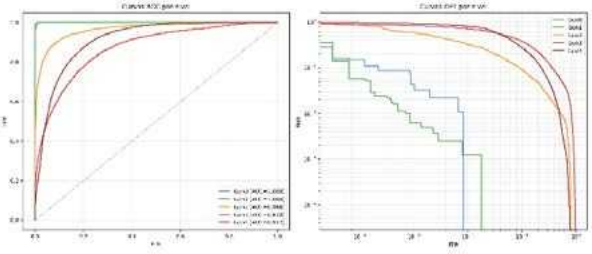


Figura 3. Curvas ROC (esquerda) e DET (Detection Error Tradeoff, direita) para classificação binária One-vs-Rest por geração.

3.4. Calibração e Qualidade do Likelihood Ratio

Métricas Cllr por geração (Figura 4): Gen0 (Cllr=0,610), Gen1 (Cllr=0,176, excelente), Gen2 (Cllr=0,732, aumento de 316% sobre Gen1 — ponto crítico), Gen3 (Cllr=0,819, confiabilidade limitada), Gen4 (Cllr=0,611, melhora pela saturação).

Para Gen2+, Cllr_min domina, indicando que o problema é discriminação, não calibração.

Distribuições Tippett: Gen1 vs demais com boa separação. Gen2+ com proporção crescente na zona inconclusiva.

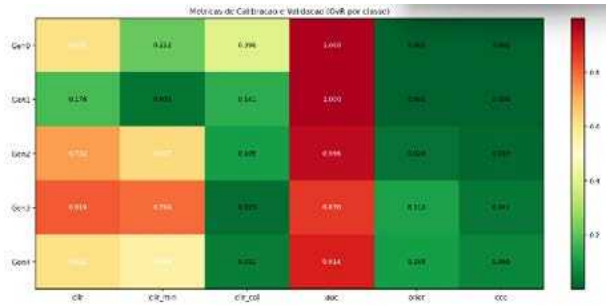


Figura 4. Heatmap de métricas de calibração (Cllr, Cllrmin, Cllrcal, AUC, Brier Score, ECE) por geração. Verde-escuro indica valores desejáveis; vermelho-escuro indica degradação.

3.5. Thresholds ENFSI Calibrados

Thresholds ENFSI calibrados: N0/N1 (Recom.=0,994, AUC=0,593, d=+0,19); N1/N2 (Recom.=1,743, AUC=0,999, d=4,12 — separação excelente); N2/N3 (Recom.=2,833, AUC=0,906, d=2,04); N3/N4 (Recom.=3,521, AUC=0,916, d=1,97).

A AUC moderada na fronteira N0/N1 (0,593) reflete proximidade espectral entre áudio reamostrado e primeira compressão. A separação efetiva inicia-se em N1/N2 (AUC=0,999). Convergência KDE-Youden < 0,05 nas demais fronteiras valida robustez.

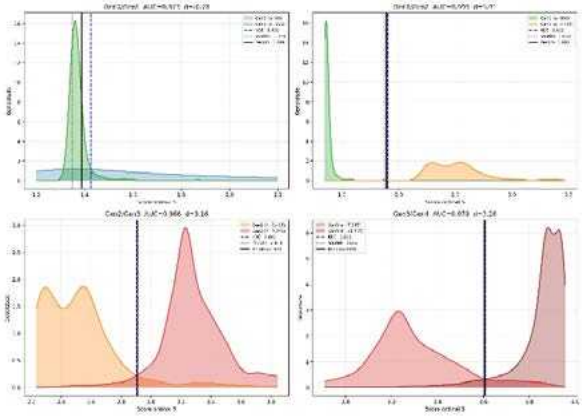


Figura 5. Distribuições de densidade de kernel (KDE) para pares de gera-ções adjacentes com thresholds ENFSI calibrados. Linhas verti-cais: KDE (tracejada), Youden (pontilhada), Recomendado (sólida).

3.6. Independência Tecnológica da Degradação

Convergência dentro do espaço testado em Gen4: gsm_2g, umts_3g, volte_4g, vonr_5g e whatsapp convergem para scores similares (CV < 1%). Extrapolação para codecs fora do espaço testado requer validação.

Dentro do espaço testado, após 4 recompressões todos os áudios convergem para estrutura espectral similar independente do codec de origem [12].

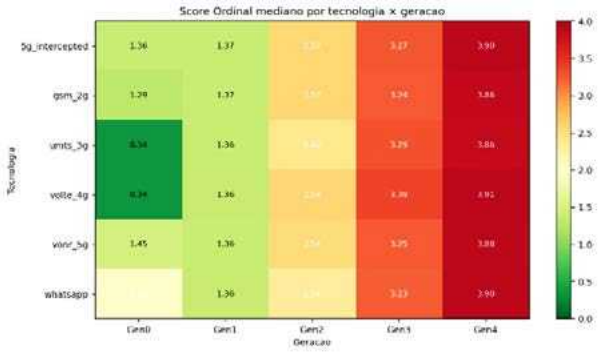


Figura 6. Heatmap do score ordinal mediano por tecnologia × geração. Cores indicam níveis ENFSI calibrados. Convergência universal evidente em Gen4.

4. DISCUSSÃO

4.1. Gen2 como Ponto Crítico Forense

Múltiplas evidências identificam Gen2 como ponto crítico: (1) AUC cai significativamente de N1 para N2; (2) Recall cai de 99,6% para 75%; (3) Score salta +1,43 pontos (Gen1→Gen2).

Verifica-se que a segunda compressão representa transição qualitativa. Gen0→Gen1 envolve degradação controlada por codec calibrado para inteligibilidade. Gen1→Gen2 opera sobre sinal já quantizado, gerando efeitos não-lineares e perda desproporcional de informação [3,4]. Podemos usar a seguinte analogia para a compreensão desse resultado: copiar fotocópia vs copiar original.

4.2. Mecanismos de Degradação Espectral

Perda progressiva de alta frequência: Features HF (hf_active_ratio, hf_flatness) dominam importância discriminativa (24% combinadas). Banda efetiva converge para ~8 kHz após 4 recompressões, mesmo partindo de Opus 48 kHz com banda teórica 20-24 kHz [2]. Codecs alocam bits priorizando inteligibilidade (300-3000 Hz); componentes HF recebem quantização grosseira ou são zeradas [1].

Saturação de features: hf_active_ratio cai progressivamente de Gen0 a Gen4. Gen3 e Gen4 ocupam região similar do espaço de features, explicando o paradoxo de Gen4 ser mais discriminável que Gen3 pela concentração em estado terminal [5].

4.3. Comparação com Estado da Arte

Literatura anterior [3–7] limita-se majoritariamente a: (1) Dupla compressão (2 gerações), não explorando efeitos de 3+ recompressões; (2) Datasets pequenos (<1000 amostras, tipicamente TIMIT com ~500); (3) Mono-codec (apenas AMR-NB, apenas MP3, apenas AAC); (4) Métricas básicas (acurácia, AUC), sem validação via Likelihood Ratio.

Este trabalho avança com: 32.292 amostras (32× maior que típico), exploração de 0-4 gerações, cenário cross-codec (AMR-NB/WB/Opus), sistema ENFSI calibrado com thresholds validados, LR com Cllr completo [8,9], primeira demonstração de saturação de features e independência tecnológica. Korycki (2017) [7] atingiu ~85% para 2 compressões MP3; o sistema desenvolvido neste trabalho alcança 87,1% para 5 classes (0-4 gerações).

4.4. Limitações e Trabalhos Futuros

Limitações: (1) Dataset controlado (23 falantes masculinos, Rio de Janeiro); vozes femininas e outras regiões não representadas. Codecs G.729, Speex, EVS não incluídos. (2) Gen0/Gen1 com AUC moderada (0,593): sistema distingue recompressão mas não diferencia com alta precisão reamostragem de primeira compressão. (3) Testes estatísticos tratam arquivos como independentes (n_efetivo=23 falantes).

Validade de construto: O sistema quantifica degradação espectral acumulada por compressões com perdas. Com reamostragem padronizada para 48 kHz, Gen0 (score 0,99) é corretamente ordenado abaixo de Gen1 (1,07). A separação efetiva inicia-se em N1/N2 (AUC=0,999). Domínio de aplicação: áudios que passaram por codificação com perdas.

Perspectivas futuras: Validação em dataset real, avaliação dos impactos da degradação espectral nos exames e no uso de ferramentas úteis às perícias em áudio (transcrição automática, inferência sobre palavras, verificação de sons, comparação de falantes), expansão de codecs, interface gráfica para peritos não-programadores, integração com detecção de deepfake, análise de interação degradação×SNR, features de segunda ordem (LSTM/Transformers), sistema multimodal (áudio+metadados), proposta de padrão nacional para boas práticas em exames periciais em áudio.

5. CONCLUSÃO

Sistema de classificação de degradação espectral alcançou 87,1% de acurácia (F1=87,2%) em validação cruzada speaker-disjoint com 32.292 amostras de 23 falantes masculinos brasileiros, features extraídas a 48 kHz padronizado.

Achados: (1) Gen2 como ponto crítico (AUC N1/N2=0,999); (2) Features HF dominam (hf_active_ratio 15%); (3) Convergência tecnológica em Gen4

(CV<1%); (4) Progressão monotônica Gen0(0,99)→-Gen4(3,88); (5) Separação efetiva a partir de N1/N2.

Recomendações: Áudios N2+ (score ≥ 1,74) devem ter ressalvas para análises biométricas. Áudios N3+ (score ≥ 2,83) inadequados para identificação de falantes. Sistema complementar à inspeção espectral do perito.

Contribuições: Maior dataset da área, exploração de 0-4 gerações, cenário cross-codec (AMR-NB/WB/Opus), sistema ENFSI calibrado, framework LR para degradação. Trabalhos futuros: expansão de falantes, validação em casos reais, integração com detecção de deepfake.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] J. M. Valin, K. Vos, T. Terriberry. Definition of the Opus Audio Codec. RFC 6716, IETF, 2012.

[2] 3GPP. TS 26.071: AMR speech codec; General description. 3rd Generation Partnership Project, 2020.

[3] D. Luo, R. Yang, J. Huang. Identification of AMR decompressed audio. *Digital Signal Processing* **37**: 85-91 (2015).

[4] D. Luo, W. Luo, R. Yang, J. Huang. Detection of Double Compressed AMR Audio Using Stacked Autoencoder. *IEEE Trans. Information Forensics and Security* **12**: 432-444 (2017).

[5] M. Büker, H. Zeng, H. Zhao. Deep convolutional neural networks for double compressed AMR audio detection. *IET Signal Processing* **15**: 213-225 (2021).

[6] Y. Shen, C. Wang, M. Zhu. Detecting Double Compressed AMR-format Audio Recordings. *Proc. PACCS*: 171-174 (2012).

[7] R. Korycki. Authenticity examination of compressed audio recordings using detection of multiple compression. *Forensic Science International* **270**: 81-91 (2017).

[8] N. Brümmer, J. du Preez. Application-independent evaluation of speaker detection. *Computer Speech & Language* **20**: 230-275 (2006).

[9] G. S. Morrison. Tutorial on logistic-regression calibration and fusion. *Australian Journal of Forensic Sciences* **45**: 173-197 (2013).

[10] D. Meuwly, D. Ramos, R. Haraksim. A guideline for the validation of likelihood ratio methods used for forensic evidence evaluation. *Forensic Science International* **276**: 142-153 (2017).

[11] J. Cohen. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. Routledge (1988).

[12] D. Fu, L. Su, G. Cao. A review of double compression detection for digital multimedia. *Neurocomputing* **651** (2025).

[13] V. Hughes, S. Wood, P. Foulkes. Strength of forensic voice comparison evidence from 7000 speakers. *Int. J. Speech, Language and the Law* **26**: 99-132 (2019).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Google Street View (Maps API): medindo referências no plano da pista e calibrando parâmetros de câmeras externas

G. M. Q. Mendonça[a,*], L. S. Nascimento[b].

[a] *Instituto de Criminalística Carlos Éboli, Secretaria de Estado de Polícia Civil, Rio de Janeiro (RJ), Brasil*
[b] *Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues, Superintendência da Polícia Técnico Científica, Goiânia (GO), Brasil*

[*] *Endereço de e-mail para correspondência: spai.icce@gmail.com. Tel.: +55-21-2332-8165*

Palavras-chave: medição remota; cálculo de velocidade; estimativa de altura; Google Street View; calibração de câmera.

1. INTRODUÇÃO

A análise forense de vestígios audiovisuais enfrenta desafios crescentes devido ao volume de vestígios digitais e à complexidade para extrair informações métricas confiáveis remotamente. Medidas do Google Earth/Maps (GE) são amplamente utilizadas no campo forense, com precisão satisfatória para verificação de excesso de velocidade [1], principalmente em deslocamentos nos quais um intervalo tempo longo atenua a incerteza. Entretanto, a resolução ou obstáculos, como árvores e túneis, podem limitar ou impedir a visualização de referências, na impossibilidade de aplicação do método da razão cruzada [2]. Já para a estimativa de altura de suspeitos na comparação de indivíduos, são desconhecidas ferramentas totalmente remotas, as quais dispensem o examinador ir ao local da gravação para medir uma referência [3], inserir um gabarito [4], ou realizar uma reconstrução tridimensional do local [5].

Apesar de métodos para estimativa posição e dimensões pelo Street View (SV) terem sido propostos há mais de uma década [6], a área forense ainda carece de uma ferramenta que viabilize o uso prático desses dados georreferenciados por meio de uma interface acessível e de operação simplificada. Esses dados serviriam tanto para medição direta quanto para aplicação de técnicas consagradas de calibração de parâmetros de uma câmera que gerou um vestígio [7], possibilitando a medição remota em ambiente externo registrado pelo SV.

Para tais fins, este trabalho apresenta a street-view-tool, uma ferramenta web open-source projetada para viabilizar análises céleres e robustas. Publicada e hospedada no GitHub [8], a interface permite a medição remota direta de referências horizontais ou verticais, *i.g,* altura de uma câmera para aplicação de fotogrametria, bem como o casamento de pontos para calibração de câmera e estimativa de altura de indivíduos. Os resultados se mostram consistentes com o modelo de incerteza proposto, podendo ser validados caso a caso com medidas reais exibidas no ambiente (entre eixos de veículos, placas de trânsito de dimensões padronizadas).

2. MÉTODOS

Os simples dados de posição, azimute e inclinação de panoramas em duas posições distintas já permitem definição da posição horizontal de um ponto (Fig. 1).

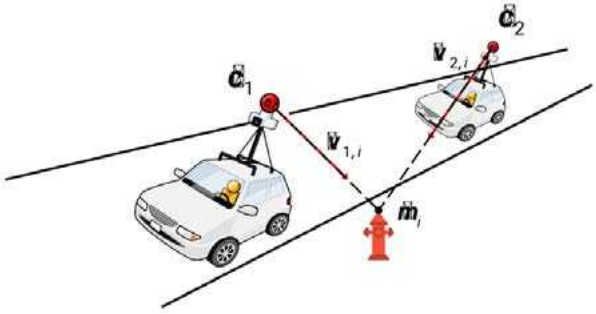


Figura 1: Estimativa da posição de um ponto mi no ambiente por meio de duas posições distintas $\vec{m}_i$ do veículo do Street View.

Duas abordagens foram adotadas para aproveitar esses dados: 1) combinação de informações de múl-

tiplos panoramas para medidas de dimensões diretamente na interface e; 2) determinação da posição de pontos por múltiplos pares de panorama combinados para calibração de câmera com Opencv no Python.

Cada panorama *k* é caracterizado por sua posição $\vec{c}_k$ e orientação espacial, definida pelos ângulos de *heading* (azimute θ) e *pitch* (inclinação ϕ). A direção de observação de cada câmera é representada por um vetor unitário $\vec{v}_c$ calculado a partir desses ângulos [9], sendo a reta parametrizada que conecta o centro da câmera e um ponto *i* no mundo real é dada por:

$$L_{k,i}(t) = \vec{c}_k + t \cdot \vec{v}_{k,i}. \quad (1)$$

A reta anterior é fundamental em ambas as abordagens apresentadas a seguir.

2.1 Medidas feitas diretamente na interface

A definição da posição horizontal *(x, y)* de dois pontos por dois panoramas distintos pode ser feita pelo mero cruzamento das retas no plano, a altura então sendo proporcional à distância e à variação de inclinação entre os pontos [6]. Neste trabalho, optou-se pela combinação de múltiplos panoramas onde as posições horizontais de dois pontos $\vec{m}_1$ e $\vec{m}_2$ e sua variação de altura Δz são dadas pela minimização do somatório da distância quadrática para *M* panoramas distintos:

$$\sum_M^{\square} \square (\underline{D1} + 4 \times \underline{D2}) \quad (2)$$

a primeira parcela representando a distância horizontal do ponto à reta:

$$D1 = dist\big((x_1, y_1), L_{k,1}\big)^2 + dist\big((x_2, y_2), L_{k,2}\big)^2, \quad (3)$$

e a segunda a variação da distância vertical:

$$D2 = \big(\Delta z + z_{2,k} - z_{1,k}\big)^2 \quad (4)$$

proporcional à distância da câmera ao ponto projetado na linha $L_{k,i}$ e à inclinação:

$$z_{i,k} = tan\ tan\ \phi_{i,k} \cdot \|(x_i, y_i)' - \vec{c}_k\|. \quad (5)$$

A contribuição de *D2* é maior admitindo-se que informações de azimute e inclinação são mais precisas que as e posição GPS do veículo durante aquisição. $\underline{D1}$ e $\underline{D2}$ são normalizadas pela distância a quadrado dos pontos às respectivas câmeras.

2.1.1. Estimativa de incertezas

Para formar uma estatística minimamente confiável, no mínimo três panoramas são necessários na ausência de calibração com estruturas conhecidas e duas na presença. A limitação de resolução 0,027° por pixel do SV fornece a primeira componente da incerteza para cada par de pontos [6]:

$$\sigma_{r,k}^2 = \frac{tantan\,(0{,}027°)}{\sqrt{6}/2}(\|\vec{m}_1 - \vec{c}_k\|^2 + \|\vec{m}_2 - \vec{c}_k\|^2). \quad (6)$$

O fator 2/√6 fornece a incerteza padrão equivalente para uma distribuição triangular [10], sobrestimando e simplificando a combinação de incertezas para todas as câmeras:

$$\sigma_r^2 = \frac{1}{M-1}\sum_k^M \square \sigma_{r,k}^2. \quad (7)$$

Fixado os pontos $\vec{m}_1$ e $\vec{m}_2$, desloca-se cada panorama para minimizar a distância até as retas ajustadas $L'_{k,i}$, obtendo-se as diferenças quadráticas horizontais que não se explicam por um erro sistemático da posição dos panoramas, *D1* na equação (3) fornecendo a componente horizontal σ_h^2, *D2* na equação (4), a vertical σ_h^2, com processo similar ao da equação (7) multiplicado pelo fator de correção $tz_{(M-2)}$.

O fator $tz_{(M-2)}$ é utilizado para que se obtenha uma distribuição normal *z* que se iguale a uma *t-student* de *M — 2* graus de liberdade no valor 0,001% [11]. O procedimento visa, novamente, simplificar a estimativa de incertezas, sobrestimando as mesmas até que estudos mais minuciosos sejam realizados, por ora, se mostrando satisfatória para os objetivos definidos.

2.2 Casamento de pontos para calibração de câmera

A reconstrução tridimensional a partir de um par de imagens é uma técnica fundamental em visão computacional. A triangulação busca estimar a posição do ponto observado a partir da interseção das duas retas [12]. A posição de um ponto no mundo real $\vec{m}_i$ é determinada pela solução da equação, sendo $\vec{\varsigma}_{1,2}$ a correção da posição relativa entre dois panoramas:

$$\|(\vec{m}_i - \vec{c}_1) \times \vec{v}_{1,i}\| = \|(\vec{m}_i - \vec{c}_2 + \vec{\varsigma}_{1,2}) \times \vec{v}_{2,i}\| \quad (8)$$

Por meio do vetor $\vec{n}_i = \vec{v}_{1,i} \times \vec{v}_{2,i}$, perpendicular a ambas as retas, pode-se estimar o vetor de suas distâncias:

$$\vec{\varepsilon}_i = \vec{n}_i \cdot \frac{|(\vec{c}_2 - \vec{c}_1 - \vec{\varsigma}_{1,2}) \cdot \vec{n}_i|}{\|\vec{n}_i\|^2}. \quad (9)$$

Utilizando de *N* correspondências, o vetor de correção de posição relativa entre dois panoramas $\vec{\varsigma}_{1,2}$ pode ser encontrada pela minimização da função:

$$\sum_i^N \square \underline{\|\vec{\varepsilon}_i\|^2} + \sum_j^R \square \underline{(d_j - \|\vec{m}_{2j} - \vec{m}_{2j+1}\|)^2}, \quad (10)$$

composta também por *R* pares de pontos com distância/medida conhecida d_j as quais calibram a triangulação. A solução anterior retorna também posição das *N* correspondências utilizadas.

Esse processo é utilizado para definir pontos e corrigir a posição de pares de panoramas de mesmas datas de captura, correção que também pode ser aplicada na abordagem anterior de medição direta na interface.

2.2.1. Calibração de câmera

O objetivo é obter os coeficientes de distorção da câmera, a matriz intrínseca *K*, o vetor de rotação *R* e o vetor de translação *t* [7]. A relação entre um ponto no espaço 3D, representado por *(x, y, z)*, e sua projeção 2D *(u, v)*. f_x *e* f_y são as distâncias focais em pixels, e (c_x, c_y) é o centro óptico da imagem, então componentes da matriz.

Para a obtenção da coordenada na imagem $(\underline{u}, \underline{v})$, deve-se considerar as distorções radiais e tangenciais da estrutura da câmera $(k_1, k_2, p_1, p_2, k_3)$ [13], Processo automatizada no Python/OpenCV [14].

2.2.2. *Estimativa de altura e incertezas*

Para a estimativa da altura de um alvo na imagem é necessário definir a posição da base aproximada no SV e o topo do alvo e a base na imagem, a partir desses elementos a base (x_b, y_b, z_b) é definida pelo ponto mais próximo a essas duas informações sobre a base, sendo que o topo da imagem deve obedecer à relação que permite a estimativa da altura:

$$\pi\big(K, k_1, k_2, p_1, p_2, k_3, R, t, (x_b, y_b, z_t)\big) = [\underline{u}_t, \underline{v}_t]. \quad (11)$$

Considerando a seguinte normalização:

$$\underline{(u_i, v_i)} = \left(\frac{u_i}{\sqrt{u_i^2 + f_x^2}}, \frac{v_i}{\sqrt{v_i^2 + f_y^2}}\right), \quad (12)$$

o percentual de erro médio quadrático em relação à distância até a câmera é calculado como o somatório do quadrado do erro de reprojeção normalizado (marcado menos real) com o módulo do erro da determinação da posição no ponto dividido pela sua distância à câmera de registro:

$$\delta^2 = \frac{1}{N-1}\sum_i^N \square \left(\|\underline{(u_i, v_i)} - \underline{(\tilde{u}_i, \tilde{v}_i)}\| + \frac{\|\vec{\varepsilon}_i\|}{d_i}\right)^2 \quad (13)$$

A incerteza é formada por duas componentes uma dependente σ_{dep} da distância até a câmera e outra independente σ_{ind} relacionada à medida do SV:

$$\sigma_{dep} = (tz_{(N-1)}\delta + \sigma_r)(d_t + d_b),\ \sigma_{ind} = \frac{\|\vec{\varepsilon}_b\|}{\sqrt{6}/2} \quad (14)$$

onde d_t e d_b são as distâncias da base e do topo do alvo até a câmera de registro, $tz_{(z\text{-}1)}$ o fator da distribuição z equivalente a t-student, discutido anteriormente, bem como a incerteza σ_r associada a limitação de resolução do SV. Para um mesmo par de câmeras, a partir da matriz de covariância [15], onde (ρ) é o coeficiente de correlação entre o erro percentual e distância à câmera:

$$\Sigma_{p,q} = \{\sigma_{ind,p}^2 + \sigma_{dep,q}^2 \quad se\ \ p = q\ \rho \cdot \sigma_{dep,q}^2 \cdot \sigma_{dep,p}^2 \quad se\ \ p \neq q\ , \quad (15)$$

a média combinada e sua incerteza de uma ou mais medidas do par de panoramas são calculadas como:

$$\underline{h_j} = \frac{1^T \Sigma^{-1} h_k}{1^T \Sigma^{-1} 1}, \quad \sigma_{\underline{h_k}} = \sqrt{\frac{1}{1^T \Sigma^{-1} 1}}. \quad (16)$$

O vetor 1 é um vetor unitário com mesma dimensão do vetor h_j , o qual contém todas as estimativas de altura dentro do mesmo par de câmeras *j*, isto é, quando o posicionamento adequado do questionado permite a estimativa da altura em pontos distintos.

A combinação de *M/2* medidas de pares de câmeras independentes retorna a altura média combinada final e a incerteza padrão associada:

$$\underline{h} = \frac{\sum_{M/2}^{\square} \underline{h}_j/\sigma_{\underline{h}_j}^2}{\sum_{M/2}^{\square} 1/\sigma_{\underline{h}_j}^2},\ \sigma_{\underline{h}} = \frac{1}{\sum_{M/2}^{\square} 1/\sigma_{\underline{h}_i}^2} \quad (17)$$

A incerteza anterior pode então ser aplicada em curvas de verossimilhança [16] em conjunto com dados experimentais de medição de altura [17] e de uma população de referência [18].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os testes foram utilizadas medidas fixas enquanto se variava a quantidade de panoramas N e referências de calibração M. Na estimativa de deslocamento com valor real de 27,65 m (Tab. 1 e Fig. 2), a ferramenta se mostra consistente com o esperado para medidas do GE [1], o qual apresenta médio quadrático de 0,3 m, na ordem de grandeza da estimativa da ferramenta para 3 panoramas.

Tabela 1: Medida de deslocamento com calibração apro-

ximando a medida do valor real em datas distintas, com e respectiva queda da incerteza estimada, principalmente na combinação de múltimplos panoramas.

N	Sem calibração		Com calibração	
	Distância (m)	σ	Distância (m)	σ
3	27,74	0,19	27,62	0,14
	27,73	0,28	27,69	0,28
	27,59	0,33		
27	**27,69**	**0,09**		

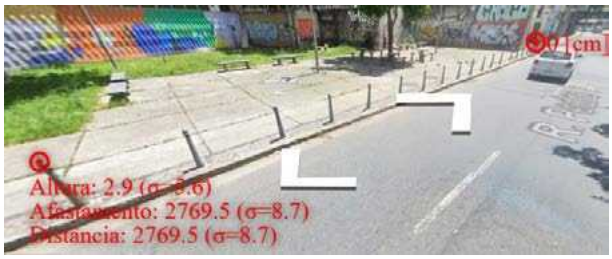


Figura 2: Medida de deslocamento obtida para 27 panoramas sem calibração.

Medindo-se a altura de um ponto no solo até um ponto verticalmente desalinhado, simulando a altura até a uma câmera que só poderia ser encontrada localmente com ajuda de trema ou mapeamento 3D, os valores se mostram próximos ao real de 320 cm (Tab. 2 e Fig. 2).

Tabela 2: Medida altura de pontos desalinhados verticalmente em datas distintas, com calibração e número de amostras promovendo aproximação do valor real e queda na incerteza estimada, com melhor resultado com exclusão de data *outlier* (*).

N	Sem calibração		Com calibração	
	Altura (cm)	σ	Altura (cm)	σ
3	319	7	320	1
	324	42	323	14
	321	22	320	16
	321	19	320	15
	*333	26	333	23
15	**323**	**6**		
12 *	**322**	**5**		



Figura 3: Medida de altura entre solo e ponto vertical desalinhado, simulando um ponto de instalação de uma câmera, com 12 panoramas distintos.

Na calibração de uma fotografia por meio do casamento de P pontos, foi possível medir um pilar de 355 cm e um balizador de 80 cm com precisão satisfatória para aplicações forenses (Tab. 3 e Fig. 4).

Tabela 3: Medidas feitas poro meio de dois pares de panoramas em datas distintas.

Pilar						
P	Sem calibração			Com calibração		
	Altura (cm)	σ_{dep}	σ_{ind}	Altura (c)	σ_{dep}	σ_{ind}
32	356	4	2	352	5	1
34	353	4	1	351	6	3
64	**354**	**3**		**352**	**4**	
Balizador						
32	81	3	3	81	4	1
34	84	3	2	83	4	3
64	**83**	**2**		**82**	**3**	



Figura 4: Pilar e balizador localizados em frente ao IC-CE-RJ, com altura estimada pelo algoritmo implementado em Python, após casamento de pontos por meio da ferramenta desenvolvida para SV.

Testes mais amplos se fazem necessários para definir modelos mais precisos, que contemplem a direção do deslocamento do veículo, por exemplo, que importa caso a sua geolocalização não coincida com a posição da câmera. Os erros próximos uma incerteza padrão, indicam fortemente que o modelo pode ser aprimorado.

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou a ferramenta street-view-tool, desenvolvida para viabilizar a medição

remota e a calibração de câmeras externas por meio da API do Google Street View, reduzindo a necessidade de deslocamentos periciais para a obtenção de referenciais físicos. Os testes de validação demonstraram que o modelo proposto apresenta resultados consistentes com as medições de controle, mantendo as divergências observadas dentro dos limites esperados pelo modelo de incertezas. Diante disso, a ferramenta demonstra potencial para subsidiar análises de dinâmica de acidentes e de estimativa de estatura na rotina forense. Contudo, o método permanece condicionado à acurácia dos metadados de posicionamento fornecidos pela API e à geometria de aquisição das imagens, indicando a necessidade de estudos futuros voltados ao refinamento do modelo matemático e à compensação de possíveis desalinhamentos sistemáticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

S. Harrington et al. Validating google earth pro as a scientific utility for use in accident reconstruction. *SAE Int. J. Transp. Saf.* 5: 135-166 (2017).

G.M.Q. Mendonça; G.M. Silva; L.S. Nascimento. Definição da incerteza na estimativa do deslocamento veicular por meio do cálculo da razão cruzada. *Anais do XXVI Congresso Nacional de Criminalística* (2023) 549-553.

A. De Donno et al. A Photogrammetric Method for Stature Estimation: Reliability and Validity. *Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol.* 4: 4928-4933 (2012).

A.M. Olver; H. Guryn; E. Liscio. The effects of camera resolution and distance on suspect height analysis using PhotoModeler. *Forensic Sci. Int.* 318: 110601 (2021).

M. Johnson; E. Liscio. Suspect height estimation using the Faro Focus3D laser scanner. *J. Forensic Sci.* 60: 1582-1588 (2015).

V.J.D. Tsai; C.T. Chang. Three-dimensional positioning from Google street view panoramas. *IET Image Process.* 7: 229-239 (2013).

Z. Zhang, A flexible new technique for camera calibration, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 22: 1330-1334, 2000.

SPAI-ICCE-RJ. *GitHub*. 2026 (2026). Retirado em 27/05/2026, de https://github.com/SPAI-ICCE-RJ/street-view-tool, hospedado em https://spai-icce-rj.github.io/street-view-tool/.

O. Faugeras; Q.T. Luong; T. Papadopoulo. *The geometry of multiple images: the laws that govern the formation of multiple images of a scene and some of their applications*. MIT Press, United States of America (2001).

J.H. Vuolo. *Fundamentos da teoria de erros*. Editora Blucher, Brasil (1996),

J. Taylor. *Introduction to error analysis, the study of uncertainties in physical measurements*. University Science Books, United States of America (1997).

R.I. Hartley; P. Sturm. Triangulation. *Comput. Vision Image Verst.* 68: 146-157 (1997).

J. Heikkila; O. Silvén. A four-step camera calibration procedure with implicit image correction. *Anais do IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 1106-1112 (1997).

G. Bradski, The OpenCV Library. Dr. Dobb's Journal of Software Tools, [S. l.], v. 25, n. 11, p. 120-123, 2000

R.J. Barlow. *Statistics: a guide to the use of statistical methods in the physical sciences*. John Wiley & Sons, United Kingdom (1993).

I. Alberink; A. Bolck. Obtaining confidence intervals and likelihood ratios for body height estimations in images. *Forensic Sci. Int.* 177: 228-237 (2008).

A. Gonçalves Júnior. Metodologia forense de estimativa semiautomática de altura humana em vídeos de sistemas de vigilância. *Dissertação de Mestrado*, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília (2017).

IBGE. *Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009*. IBGE, Brasil (2010).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Autenticidade além da assinatura: fundamentos materiais e históricos na perícia de documentos e obras de arte

R. Lamare,[a,*], M. E. O. Alves[b,*]

[a]*Escola LP Perícias, Brasília (DF), Brasil*

[b]*Associação de Peritos do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, (SC), Brasil*

**Endereço de e-mail para correspondência: redelamare@gmail.com. Tel.: +55-21-981007626/ ejgrafos@gmail.com. Tel:+55-48-996118431*

*Palavras-chave: Perícia; Diplomática; Documentoscopia; Assinaturas; Obras de Arte*de Crime.

A perícia de documentos e obras de arte, sejam físicas ou digitais, deve transcender a inspeção gráfica, pois a mínima de uma assinatura é indissociável da análise técnica de seu suporte e de sua conformidade com o panorama histórico de produção. Nos primórdios, os instrumentos escritos não se aplicavam na assinatura manuscrita, mas em elementos simbólicos e selos de cera vinculados a insígnias e brasões que garantiam a autoridade do emissor do documento. Para enfrentar o desafio de validar esses manuscritos e diplomas antigos, consolidou-se a Diplomática, dedicando-se ao estudo da gênese, forma e estrutura dos documentos, estabelecendo a análise da tradição documental e da coerência tipológica.

Com a transição para a Idade Moderna, impulsionada pelo mercantilismo e pela intensificação das trocas comerciais, a assinatura manuscrita foi institucionalizada como um dos principais instrumentos de legalidade para a validação das transações. Nesse processo, os documentos passaram a ser dotados de fé pública, um mecanismo jurídico fundamental pelo qual se atribuem presunção de veracidade aos atos constituídos das relações sociais e econômicas.

É fundamental compreender que a Diplomática e a Documentoscopia podem atuar de forma complementar à perícia moderna. Enquanto a Diplomática oferece bases teóricas sobre a estrutura e o contexto, a Documentoscopia fornece ferramentas científicas para o exame minucioso da matéria, verificando se o envelhecimento dos materiais é natural ou induzido. Esta sinergia é indispensável para identificar fraudes sofisticadas, garantindo que a análise abarque a coerência global do objeto periciado.

No Brasil, essa evolução foi moldada pela atuação fundamental dos cartórios das pessoas naturais. Em um cenário histórico de alfabetização restrito, práticas como a assinatura "a rogo" garantiram a inclusão jurídica de cidadãos, processo que culminou na consolidação da identidade civil pela Lei nº 6.015/1973. Entretanto, é imperativo ressaltar que, independentemente da chancela institucional, o material de suporte permanece um elemento indissociável da validade do documento.

No campo das artes, especialmente durante o período medieval, as obras possuíam um caráter prioritariamente religioso e comunitário, onde os criadores atuavam como artesões anônimos, sem a necessidade de marcação individual de autoria. O Renascimento transformou a relação entre o artista e a sua criação, atualizando o anonimato medieval pela valorização da autonomia criativa. A assinatura na obra de arte converteu-se, então, em símbolo de prestígio, autoridade e elevado valor de mercado. Porém, expandir o exame para além do grafismo, analisando pigmentos, aglutinantes, solventes e suportes, como o tipo de trama da tela ou a espécie de madeira é o único meio capaz de identificar anacronismos, como o uso de substâncias sintéticas em obras que alegaram dados anteriores à sua invenção.

No Brasil, o hábito de artistas assinarem suas obras desenvolveu-se entre o final do século XIX e o início do século XX. Em tempos coloniais, a

produção voltava-se às encomendas da Igreja ou da aristocracia, sem incentivo para a distinção individual. Nesse sentido, a análise do suporte assume importância primordial, pois suas características físico-químicas funcionam como o testemunho biológico da peça, permitindo ao perito validar se a matéria e a técnica guardam coerência com o tempo histórico reivindicado.

Esse paralelismo evidencia que documentos e obras de arte, embora pertencentes a campos distintos, compartilham fundamentos comuns de validação. Em ambos, a análise deve considerar a integração entre gesto gráfico, materialidade e contexto, afastando conclusões baseadas em elementos isolados. Tabelas comparativas com exemplos históricos de falsificação e métodos de análise, elaboradas neste estudo, encontram-se disponíveis por meio de QR Code[1] , permitindo aprofundamento sem comprometer a objetividade deste formato.

Atualmente, a materialidade física se expande para a dimensão informacional, onde a noção de suporte assume uma estrutura lógica. Metadados, arquitetura de sistemas e registros em blockchain desempenham hoje a função de garantir a integridade e a rastreabilidade que antes pertenciam exclusivamente ao papel. No mercado artístico, tecnologias como NFTs e NFC introduzem novos mecanismos de validação e rastreabilidade.

Entretanto, fraudes produzidas com o uso de Inteligência Artificial impõem desafios inéditos, exigindo constante atualização metodológica. Dessa forma, a força probatória da assinatura vincula-se à materialidade que a sustenta. A autenticação robusta demanda formação pericial integral, articulando Documentoscopia e Grafoscopia, objetivando à guarda de direitos e à preservação da memória histórica. Ademais, é essencial o fortalecimento do diálogo técnico entre peritos e o Poder Judiciário para assegurar maior precisão na produção da prova pericial.

REFERÊNCIAS:

Benjamin, W. A Obra de Arte na era de Sua reprodutibilidade Técnica. In: Magia e técnica, arte e política. São Pau-lo: Brasiliense, 2012.

Bois , Y.-A. Autenticidade e atribuição em história da arte. Em: História da Arte Moderna. São Paulo: Cosac Naify, 2010.

Brasil . Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973. Dispõe sobre os registros públicos e dá outras exceções. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 31 dez. 1973.

Clanchy, M.T. From Memory to Written Record: England 1066-1307.Oxford: Wiley-Blacwell, 2013.

Conrado , M. Autenticidade e autoria na arte contemporânea. São Paulo: Senac, 2017.

Fernandes , J. et al. Autenticidade e arte digital: desafios contemporâneos e NFTs. Revista Arte Contemporânea, 2021.

Lipovetsky , G.; Serroy, J. A estetização do mundo: viver na era do capitalismo artista. São Paulo: Companhia das Letras, 2015.

Mochi , C.B. A assinatura como elemento de validação documental: aspectos históricos e jurídicos. Revista Jurídi-ca, 2018.

Morais , C.E.P. Documentoscopia: teoria e prática. Campinas: Milênio, 2016.

Souza, T. B. A caracterização do documento jurídico para a organização da informação, Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em ciência da Informação da. Escola de Ciência da Informação da Universidade Fe-deral de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2013.

Souza , CRF et al. O desafio do exame grafoscópico em obras de arte. XXVI Congresso Nacional de Criminalística, 0(0), 0-0, 2022.

Valdes , ARP et al. Manual de Boas Práticas nos Exames Grafoscópicos. Sociedade Brasileira de Ciências Forenses (SBCF).

Valla , W. Documentoscopia: aspectos técnicos e científicos. Campinas: Milênio, 2010.

1

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

A Necessidade de Inclusão da Seção de Razão de Verossimilhança em Laudos de Perícia Grafoscópica

C. N. Almeida Filho[a,*], L. A. C. Praça[b], A. P. T. B. Sobreira[c]

[a,b,c]*Perícia Forense do Estado do Ceará, Secretaria de Segurança Pública e Defesa Social, Ceará (CE), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: celiorogeriof@gmail.com. Tel.: +55-85-98581-7778.*

Palavras-chave: Comparação Grafoscópica, Teorema de Bayes, Razão de Verossimilhança, LR

1. INTRODUÇÃO

No âmbito da perícia documentoscópica, o perito é chamado a avaliar a autenticidade de assinaturas e manuscritos, entre outros elementos gráficos, fornecendo subsídios técnicos ao julgador.

Apesar dos avanços nos métodos científicos aplicados à grafoscopia, observa-se que muitos laudos ainda carecem de explicitação clara do raciocínio inferencial que conecta as evidências observadas às conclusões apresentadas. Em geral, afirmações como "há compatibilidade" ou "não há indícios suficientes" são formuladas sem a devida explicitação do peso relativo das evidências frente às hipóteses em disputa.

Nesse contexto, a introdução de uma seção específica dedicada à razão de verossimilhança apresenta-se como proposta metodológica capaz de qualificar o laudo pericial, alinhando-o a padrões contemporâneos de avaliação de evidências adotados em diversas áreas forenses (EVETT, 1998; BIEDERMANN; TARONI, 2019).

2. PERÍCIA GRAFOSCÓPICA E O PROBLEMA DA INFERÊNCIA

A perícia grafoscópica lida, essencialmente, com inferências. A partir de vestígios gráficos e materiais, o perito avalia hipóteses concorrentes, como a de que a assinatura foi produzida pelo suposto autor ou por terceiro.

Tais hipóteses não são diretamente observáveis, sendo inferidas a partir de padrões de confronto, correspondências e anomalias presentes no material examinado. Todavia, nem sempre os laudos deixam explícito que suas conclusões decorrem de uma comparação sistemática entre hipóteses alternativas, o que pode gerar percepção de subjetividade ou excesso de assertividade.

A ausência de uma estrutura inferencial clara dificulta, inclusive, o exercício do contraditório e a adequada valoração da prova pelo magistrado, que decide com base no princípio do livre convencimento motivado (VIEIRA; GONÇALVES, 2020).

3. CONCEITO DE RAZÃO DE VEROSSIMILHANÇA

A razão de verossimilhança, oriunda da estatística inferencial e amplamente utilizada nas ciências forenses, consiste na comparação entre a plausibilidade dos dados observados sob hipóteses concorrentes, podendo ser expressa pela seguinte relação:

$$LR = \frac{P(E\,|H_p)}{P(E|H_d)}$$

Onde:

LR: razão de verossimilhança;

E: evidência observada;

H_p: hipótese do proponente (acusação);

H_d: hipótese do oponente (defesa);

$P(E|H)$: probabilidade de observar a evidência sob determinada hipótese.

Em termos conceituais, trata-se de avaliar o quanto as evidências são mais compatíveis com uma hipótese do que com outra.

Diferentemente de afirmações probabilísticas sobre a veracidade de uma hipótese, a razão de verossi-

milhança não atribui probabilidade à hipótese em si, mas mensura a força relativa das evidências. Essa distinção é amplamente reconhecida na literatura forense contemporânea como essencial para evitar interpretações indevidas e preservar a separação entre ciência e decisão judicial (TARONI et al., 2014; BIEDERMANN; TARONI, 2019).

4. APLICABILIDADE DA RAZÃO DE VEROSSIMILHANÇA À GRAFOSCOPIA

Na perícia grafoscópica, a razão de verossimilhança pode ser aplicada de forma qualitativa ou semiquantitativa. Características gráficas — como pressão, ritmo, continuidade e proporcionalidade —, bem como elementos materiais e tecnológicos, podem ser analisados à luz de hipóteses alternativas.

Por exemplo, ao comparar a hipótese de autoria genuína com a de falsificação, o perito pode explicitar que determinados achados — como tremores incompatíveis com o padrão gráfico do suposto autor — são mais compatíveis com a hipótese de falsificação.

A inclusão dessa análise em seção própria permite que o laudo evidencie não apenas o resultado, mas também o percurso lógico que conduz à conclusão, em consonância com modelos de reporte estruturado recomendados na literatura (EVETT, 1998).

Adicionalmente, o uso de bancos de assinaturas pode permitir a atribuição de medidas comparativas de plausibilidade entre hipóteses, aumentando a confiabilidade da análise.

5. BENEFÍCIOS DA INCLUSÃO DA SEÇÃO DE RAZÃO DE VEROSSIMILHANÇA

5.1. Transparência metodológica

A explicitação das hipóteses consideradas e do grau relativo de compatibilidade das evidências torna o laudo mais transparente e passível de auditoria, conforme defendido por Biedermann e Taroni (BIEDERMANN; TARONI, 2019).

5.2. Fortalecimento da neutralidade técnica

A abordagem baseada em verossimilhança evita conclusões absolutas, reduzindo o risco de extrapolação da função pericial para o campo decisório.

5.3. Melhor comunicação com o julgador

Magistrados decidem com base em plausibilidade e coerência probatória; um laudo estruturado nesses termos dialoga diretamente com essa lógica (VIEIRA; GONÇALVES, 2020).

5.4. Redução de impugnações

Laudos que explicitam seu raciocínio inferencial tendem a ser menos vulneráveis a críticas de subjetividade ou insuficiência técnica.

6. LIMITES E CUIDADOS NA UTILIZAÇÃO

A adoção da razão de verossimilhança não implica matematização excessiva nem a atribuição de percentuais de certeza. Sua aplicação deve respeitar os limites do material examinado e a natureza predominantemente qualitativa de muitos achados documentoscópicos.

Ademais, é essencial que o perito explicite que a análise de verossimilhança não se confunde com juízo de verdade jurídica, consistindo apenas em apreciação técnica das evidências, em linha com a abordagem probabilística defendida por Taroni et al. (TARONI et al., 2014).

7. CONCLUSÕES

A inclusão de uma seção específica de razão de verossimilhança em laudos de perícia grafoscópica representa um avanço metodológico relevante, alinhado às boas práticas das ciências forenses contemporâneas. Essa abordagem contribui para maior rigor técnico, clareza argumentativa e utilidade do laudo no processo decisório judicial.

Ao explicitar a comparação entre hipóteses concorrentes e o peso relativo das evidências, o perito reforça a credibilidade da prova pericial e seu compromisso com a objetividade e a imparcialidade.

AGRADECIMENTOS

O XXVII Congresso Nacional de Criminalística gostaria de agradecer aos Peritos Criminais participantes que se dispuseram a apresentar o trabalho aos demais colegas, bem como à Revista Brasileira de Criminalística e à Associação Brasileira de Criminalística – ABC pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BIEDERMANN, Alex; TARONI, Franco. Logic, law and forensic science. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.

[2] TARONI, Franco; AITKEN, Colin; GARBOLINO, Paolo; BIEDERMANN, Alex. Bayesian networks and probabilistic inference in forensic science. Chichester: Wiley, 2014.

[3] VIEIRA, M. L.; GONÇALVES, R. Prova pericial e convencimento judicial. Revista de Processo, v. 45, n. 299, p. 213–234, 2020. [4] M.A.A. Pires. O perfil Profissional do Perito Judicial Contábil. *Anais da 19ª Convenção dos Contabilistas do Estado de São Paulo*. 14-17 (2005).

S. R. R. Timi, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise grafoscópica longitudinal das inscrições manuscritas de juarez machado (1964–2015): permanências e senescência gráfica em cinco décadas

S. R. R. Timi[a]

Universidade Federal do Paraná - Brasil - sonia_timi@hotamiil.com (41) 99975-5458

Palavras-chave: Comparação Grafoscópica, Teorema de Bayes, Razão de Verossimilhança, LR

1. INTRODUÇÃO

A grafoscopia — ciência que estuda os elementos constitutivos da escrita manuscrita para fins de identificação e autenticação — reconhece que o grafismo humano não é estático, acompanhando a trajetória biopsicológica do indivíduo de forma gradual e, em regra, previsível ao longo das décadas [1]. As modificações de origem natural — não causadas por doença, acidente ou falsificação — recebem o nome de senescência gráfica.

Del Picchia Filho, Del Picchia e Del Picchia [2] afirmam que a grafoscopia fundamenta-se no princípio da continuidade gráfica, segundo o qual um mesmo punho escritor mantém características identificatórias ao longo do tempo, mesmo diante de modificações decorrentes do envelhecimento. Feuerharmel e Silva [3] acrescentam que a identificação dessas características é tarefa central da perícia documentoscópica, exigindo metodologia rigorosa e corpus[1] de qualidade.

O presente trabalho propõe análise grafoscópica longitudinal das inscrições manuscritas do artista plástico brasileiro Juarez Machado (n. 16 mar. 1941, Joinville/SC), cuja vasta produção artística, documentada e datada em mais de cinco décadas, oferece corpus de excepcional confiabilidade. As inscrições abrangem 1964 a 2015, dos 23 aos 74 anos do artista. O objetivo é descrever e sistematizar as modificações e permanências grafoscópicas observadas ao longo desse período.

1.1. Justificativa

A escassez de corpora longitudinais com datação precisa e longa duração constitui limitação recorrente na literatura grafoscópica. O corpus analisado, com 22 inscrições em 51 anos, permite a observação do continuum de modificações em um único indivíduo desde a juventude até a senilidade inicial. O artista representa sujeito de interesse especial: profissional com atividade grafomotora intensa e contínua desde os 14 anos, o que constitui variável de controle relevante para a hipótese de proteção gráfica pelo uso.

1.2. Hipótese de trabalho

Partindo das Leis do Grafismo de Pellat [1] e do princípio da continuidade gráfica [2], formula-se que: (a) a personalidade gráfica permanecerá identificável ao longo de todo o período; (b) as alterações serão progressivas e graduais, sem rupturas abruptas; (c) sinais de senescência serão identificáveis apenas nas inscrições tardias; e (d) a atividade grafomotora contínua contribuirá para retardar a manifestação de tais sinais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Grafoscopia: conceito e fundamentos

A grafoscopia é o ramo da documentoscopia que estuda cientificamente os grafismos manuscritos para determinar autoria, autenticidade ou alterações. Del Picchia Filho, Del Picchia e Del Picchia [2] definem documentoscopia como a disciplina que aplica metodicamente os conhecimentos científicos para verificar a autenticidade ou determinar a autoria de documentos, tendo surgido no interior da criminalística.

1 Conjunto completo e sistematicamente coletado de espécimens

Edmond Solange Pellat sistematizou em Les Lois de l'Écriture (Paris: Librairie Vuibert, 1927) as quatro Leis do Grafismo: (i) o gesto gráfico está sob influência imediata do cérebro; (ii) o gesto é controlado pela vontade, mas não pelo olhar; (iii) após adquirido, o gesto gráfico torna-se automático; e (iv) a velocidade do gesto é proporcional ao grau de automatismo [1].

Feuerharmel e Silva [3] sublinham que a grafoscopia trabalha com elementos identificadores da escrita — como módulo, inclinação, pressão, ritmo, velocidade e ligações —, os quais, considerados em conjunto, permitem a individuação do grafismo. Feuerharmel [4] aprofunda esse quadro ao analisar as características que conferem maior segurança identificatória às assinaturas, destacando a importância de se distinguir entre variações naturais e artificiais do traço.

Lusa (2008) [5] compreende a assinatura como manifestação de identidade e responsabilidade individual, destacando que o ato de assinar transcende a simples grafia do nome, envolvendo implicações jurídicas, sociais e pessoais.

2.2. Senescência gráfica

A senescência gráfica refere-se ao conjunto de alterações que a escrita naturalmente apresenta com o envelhecimento biológico. Do ponto de vista neurofisiológico, o envelhecimento acarreta redução da velocidade de condução nervosa, diminuição da coordenação motora fina e perda gradual de massa muscular [6]. Saul e Kosinsky [7] demonstraram que essas alterações têm base epigenética progressiva, reforçando a natureza gradual e previsível das mudanças fisiológicas relacionadas ao envelhecimento, Ainda Huber e Headrick definem a escrita como "a complex neuromuscular habit", aspecto particularmente relevante para a compreensão da senescência gráfica e das alterações motoras progressivas do envelhecimento

Del Picchia Filho, Del Picchia e Del Picchia [2] distinguem as alterações fisiológicas da senescência das produzidas artificialmente, sublinhando que as primeiras apresentam padrão gradual e coerente com a fase de vida do escritor. Os sinais típicos incluem: aumento compensatório do módulo, irregularidade crescente da pressão, aparecimento de tremor (estático ou cinético), lentificação do traço, retoques e hesitações.

2.3. Artistas plásticos como objeto grafoscópico

A análise de inscrições artísticas datadas como corpus grafoscópico tem base nos princípios metodológicos descritos por Feuerharmel [4] para a análise de grafismos e por Del Picchia Filho, Del Picchia e Del Picchia [2] para a individuação de características de escrita.

Pesquisas sobre envelhecimento cognitivo reforçam a relevância de atividades de engajamento como fator protetor. Zhou, Wang e Fang [8] demonstraram, em estudo longitudinal, que a participação ativa em atividades criativas e motoras está associada a menor risco de declínio cognitivo, achado consistente com a hipótese de que a manutenção de atividade grafomotora intensa pode retardar a senescência gráfica.

3. METODOLOGIA

3.1. Corpus

O corpus é composto por 22 inscrições manuscritas originais de Juarez Machado, obtidas por registros fotográficos das obras (resolução mínima 3000 × 4000 px). Cada inscrição é acompanhada de metadados: ano de produção, cidade, suporte e instrumento. A distribuição temporal abrange 1964 a 2015 (51 anos), com espécimens em papel (nanquim, carvão) e tela (tinta a óleo, acrílico). As imagens com resolução digital plena analisadas neste trabalho são: IMG_3240 (Paris, 2011), IMG_3256 (Joinville, 2015) e IMG_E2052 (Rio de Janeiro, 2000).

3.2. Parâmetros de análise

Cada inscrição foi analisada segundo os elementos identificadores descritos por Feuerharmel e Silva [3] e Del Picchia Filho, Del Picchia e Del Picchia [2]: tipologia gráfica, morfologia das letras, módulo, inclinação, ritmo, aparente intensidade, por se tratar de fotos, velocidade, ligações e sinais de senescência (tremor, irregularidade, retoques, hesitações). A análise foi conduzida segundo metodologia comparativa longitudinal.

3.3. Limitações

Reconhecem-se as seguintes limitações: instrumento escrevente variável entre as obras; suporte irregular de telas; corpus de único indivíduo (conclusões não generalizáveis); e ausência de informações clínicas do artista nos diferentes períodos analisados.

4. PERFIL DO ARTISTA E CORPUS

Juarez Machado nasceu em Joinville/SC em 16 de março de 1941 [9]. Com experiência profissional desde os 14 anos em gráfica, estudou na Escola de Música e Belas Artes do Paraná (1961–1965) e realizou sua primeira exposição individual em 1964. Viveu no Rio de Janeiro (1966–1986) e, a partir de então, em Paris, onde mantém ateliê. Em 2014 inaugurou o Instituto Internacional Juarez Machado em Joinville.

"A formação gráfica profissional desde a adolescência conferiu ao seu grafismo características de execução deliberada, com predomínio de tipologia bastão, letras separadas e morfologia regular, identificáveis já nas inscrições da Fase 2. O corpus tem confiabilidade documental excepcional: cada inscrição é autenticada pela própria obra, com data e local verificáveis por catálogos e registros de exposições. Na literatura, a qualidade do corpus de comparação é fator determinante para a confiabilidade da conclusão pericial.

5. ANÁLISE DO CORPUS E RESULTADOS

5.1. Inventário e fases evolutivas

Foram identificadas cinco fases evolutivas a partir das 22 inscrições analisadas:

Fase 1 — Juventude (1964, 23 anos): grafismo cursivo e expressivo, alta velocidade, traço fluido, inclinação ±15° à direita, ligação contínua. Fase 2 — Consolidação (1973–1984, 32–43 anos): abandono progressivo da tipologia cursiva em favor de grafismo bastão, com caracteres separados, módulo regular e execução deliberada de cada letra, refletindo a consolidação da identidade gráfica profissional do artista. Fase 3 — Expressão madura (1989–1992, 48–51 anos): lettering bastão mais expressivo e robusto, com espessamento do traço e serifas irregulares. Fase 4 — Plena maturidade (2000–2005, 59–64 anos): elevada estabilidade observável e regularidade morfológica, como ilustrado na Fig. 1. Fase 5 — Senescência incipiente (2011–2015, 70–74 anos): primeiros sinais de senescência, evidenciados nas Fig. 2 e Fig. 3. E as tabelas abaixo:

Tabela comparativa longitudinal

Fase	Período	Idade aproximada	Característica dominante	Achado grafoscópico principal
Fase 1	1964	23 anos	Grafismo cursivo e expressivo	Fluidez, velocidade e inclinação à direita
Fase 2	1973–1984	32–43 anos	Transição para bastão	Consolidação da identidade gráfica profissional
Fase 3	1989–1992	48–51 anos	Bastão expressivo robusto	Espessamento do traço e maior presença gráfica
Fase 4	2000–2005	59–64 anos	Plena maturidade	Alta regularidade morfológica e estabilidade visual
Fase 5	2011–2015	70–74 anos	Senescência incipiente	Variação de espessura, ampliação do módulo e oscilações discretas

Matriz de características grafoscópicas

Elemento analisado	2000 — Rio de Janeiro	2011 — Paris	2015 — Joinville	Interpretação técnica
Tipologia gráfica	Bastão blocado	Bastão blocado	Bastão blocado	Permanência da tipologia principal
Módulo	Médio a grande, regular	Ligeiramente ampliado	Ampliado e menos uniforme	Possível compensação motora na fase tardia
Inclinação	Predominantemente vertical	Vertical com pequenas oscilações	Vertical com maior instabilidade	Alteração discreta compatível com idade
Morfologia do "J"	Estrutura firme, descendente	Mantém padrão geral	Oscilação perceptível no traço inicial	Permanência com possível senescência
Morfologia do "Z"	Diagonal marcada	Diagonal preservada	Diagonal preservada, menos firme	Elemento identificador persistente
Morfologia do "A"	Ápice definido	Ápice preservado	Ápice menos regular	Permanência estrutural
Ritmo	Regular e seguro	Mais lento visualmente	Menor fluidez aparente	Lentificação provável
Traço aparente	Firme e homogêneo	Leve variação de espessura	Oscilações e irregularidade visual	Evolução compatível com senescência incipiente
Ligações	Letras separadas	Letras separadas	Letras separadas	Permanência relevante
Sinais senescentes	Não evidentes	Discretos	Mais perceptíveis	Progressão gradual

5.2. Fase 4 — Plena maturidade: Rio de Janeiro, 2000

A inscrição IMG_E2052 (Rio de Janeiro, 2000) representa o padrão gráfico consolidado do artista. Apresenta letras blocadas de módulo expressivo, traço robusto com alta regularidade morfológica e não foram identificados sinais evidentes de senescência — consistente com os critérios descritos por Del Picchia Filho, Del Picchia e Del Picchia [2] para grafismo de maturidade plena.



Figura 1. Inscrição de Juarez Machado — Rio de Janeiro, 2000 (IMG_E2052). Lettering blocado de alta regularidade morfológica, módulo estável e traço firme, característico da Fase 4 — Plena Maturidade (59 anos).

5.3. Fase 5 — Senescência incipiente: Paris 2011 e Joinville 2015

As inscrições das Fig. 2 e Fig. 3 evidenciam os primeiros sinais de senescência gráfica, identificáveis a partir dos 70 anos. Na inscrição de 2011 (Fig. 2), observa-se leve variação de espessura e aumento compensatório do módulo. Na de 2015 (Fig. 3), discretas oscilações do traço potencialmente relacionadas ao envelhecimento no "J" inicial e no "D" de "MACHADO", compatível com as alterações neurofisiológicas do envelhecimento [6, 7]. Feuerharmel [4] adverte que tais sinais devem ser avaliados em conjunto — nunca isoladamente — para conclusões grafoscópicas fundamentadas.



Figura 2. Inscrição de Juarez Machado — Paris, 2011 (IMG_3240). Detalhe da assinatura na obra "Juspin/Bac": leve variação de espessura e módulo compensatório já visíveis. Fase 5 — Senescência Incipiente (70 anos).



Figura 3. Inscrição de Juarez Machado — Joinville, 2015 (IMG_3256). Lettering bastão com tremor leve perceptível no "J" inicial e no "D" de "MACHADO". Fase 5 — Senescência Incipiente (74 anos).

5.4. Elementos de permanência

Apesar das transformações, identificou-se núcleo estável de elementos identificatórios persistentes: (a) "J" com haste descendente proeminente e traço inicial ascendente; (b) "Z" com diagonal acentuada e terminação em gancho; (c) "A" com barra oblíqua e ápice pronunciado; (d) integração de "JUAREZ MACHADO" em bloco tipográfico de altura uniforme. A explicitação dos limites da conclusão pericial é exigência metodológica consolidada na documentoscopia. No presente estudo, a datação verificável por catálogos e registros de exposições reduz a margem de incerteza quanto à autenticidade e período de produção de cada inscrição analisada.

6. DISCUSSÃO

Os resultados confirmam as hipóteses formuladas. A personalidade gráfica permaneceu identificável ao longo de 51 anos, corroborando as Leis do Grafismo de Pellat [1] e o princípio da continuidade gráfica [2]. As modificações são progressivas e graduais: a transição mais pronunciada (Fase 1→2) ocorre em dez anos e é atribuível à consolidação da identidade profissional, não ao envelhecimento biológico.

A senescência incipiente, visível apenas após os 70 anos, contrasta com corpora de indivíduos sem atividade grafomotora intensa [6]. Esse achado é consistente com os dados de Zhou, Wang e Fang [8] e com a base molecular documentada por Saul e Kosinsky [7], que associam maior estabilidade funcional ao engajamento contínuo em atividades.

Do ponto de vista forense, a identificação das cinco fases fornece quadro de referência para: (a) datação relativa de inscrições de autoria questionada; (b) avaliação de consistência entre inscrição e período gráfico esperado; e (c) detecção de falsificações. Como destaca Feuerharmel [4], conclusões grafoscópicas devem explicitar seus limites, distinguindo o afirmável com segurança do incerto. A riqueza e datação verificável do corpus reduzem consideravelmente essa margem.

7. CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que as inscrições de Juarez Machado (1964–2015) constituem corpus grafoscópico de elevado valor científico, com cinco fases evolutivas identificáveis. Principais conclusões: (a) a personalidade gráfica permanece identificável ao longo de 51 anos; (b) as modificações são progressivas e graduais, coerentes com a trajetória biográfica; (c) sinais de senescência são perceptíveis apenas nas inscrições tardias (2011–2015); (d) os achados mostram compatibilidade com a hipótese de preservação grafomotora associada à prática contínua; (e) o corpus oferece quadro de referência forense útil para perícias grafoscópicas de inscrições do artista.

Recomenda-se que estudos futuros ampliem o corpus, realizem exame físico direto dos originais e estabeleçam comparação sistemática com outros artistas plásticos da mesma geração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] PELLAT, E.S. *Les Lois de l'Écriture.* Paris: Librairie Vuibert, 1927.

[2] DEL PICCHIA FILHO, J.; DEL PICCHIA, C.M.R.; DEL PICCHIA, A.M.G. *Tratado de Documentoscopia: da falsidade documental.* 3. ed. São Paulo: Editora Pillares, 2016.

[3] FEUERHARMEL, S.; SILVA, E.S.C. (Org.). *Documentoscopia: aspectos científicos, técnicos e jurídicos.* Campinas: Millennium, 2014.

[4] FEUERHARMEL, S. *Análise Grafoscópica de Assinaturas.* Campinas: Millennium, 2017.

[5] LUSA, J.F. Assinatura: um ato de responsabilidade? Dissertação de Mestrado — PPGL, UFSC, 2008.

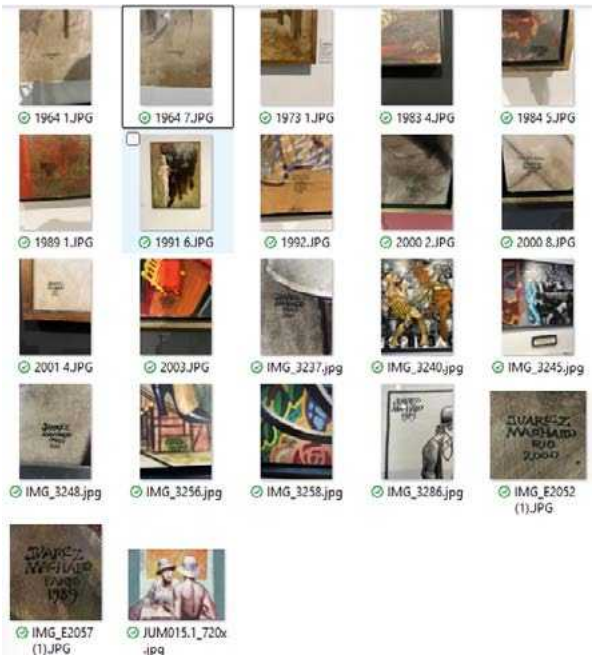
[6] PONTES, F.G.A. et al. Senescência e mudanças corporais. *Caderno Pedagógico,* v.22, n.1, e13561, 2025. doi: 10.54033/cadpedv22n1-212.

[7] SAUL, D.; KOSINSKY, R.L. Epigenetics of aging and aging-associated diseases. *Int. J. Mol. Sci.,* v.22, n.1, p.401, 2021. doi: 10.3390/ijms22010401.

[8] ZHOU, Z.; WANG, P.; FANG, Y. Social engagement and its change are associated with dementia risk. *Sci. Rep.,* v.8, p.1551, 2018. doi: 10.1038/s41598-018-19860-9.

[9] INSTITUTO INTERNACIONAL JUAREZ MACHADO. Juarez Machado: biografia e obra. Joinvile, 2014.

ANEXO



2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Game Over no Tigrinho: a importância da perícia merceológica no desmantelo da lavagem de dinheiro nos crimes virtuais de azar

A. A. X. Soares[a,*]

[a]*Núcleo Regional de Polícia Científica de Parnaíba-PI, Departamento de Polícia Científica, Polícia Civil, Parnaíba (PI), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: alisonximenes@gmail.com. Tel.: +55-85-98976-7677.*

Palavras-chave: Bens de luxo; Crimes virtuais; Jogos de azar, Merceologia Forense; Perícia Merceológica.

1. INTRODUÇÃO

A Merceologia Forense é uma área da ciência forense caracterizada como um estudo transdisciplinar, que utiliza a metodologia científica e conhecimentos estabelecidos por outras ciências para identificar, autenticar e avaliar produtos, mercadorias e bens envolvidos em questões legais [1]. Bem de luxo são bens de consumo com alta elasticidade-renda da demanda, identificável por meio de características tais como: ostentação, opulência, forte apelo estético ou requinte [2].

O COAF (Conselho de Controle de Atividades Financeira) possuía, no final de 2025, 18.672 cadastros ativos de pessoas obrigadas diretamente sujeitas à supervisão do Coaf, sendo que 7.784 eram relacionadas a bens de luxo ou alto valor [3]. O mercado da moda de luxo movimenta cifras bilionárias no cenário global e exerce forte influência cultural e econômica. A moda de luxo é caracterizada por produtos de alto valor agregado, fácil portabilidade, rápida valorização e intensa circulação internacional. Bolsas, joias, relógios, roupas de coleção e acessórios exclusivos são, muitas vezes, adquiridos em lojas físicas ou revendedores independentes, em transações onde o nível de controle e rastreamento varia. Tais características tornam esse mercado particularmente atrativo para operações de lavagem de dinheiro, pois permitem a conversão de valores ilícitos em bens legítimos, dificultando a identificação da origem dos recursos [4]. A Lei 9.613, de 3 de março de 1998, em seu capítulo I – "Dos Crimes de Lavagem ou Ocultação de Bens, Direitos e Valores" – estabelece as sanções legais aplicáveis ao crime de lavagem de dinheiro [5].

A Avaliação Merceológica Direta promove a avaliação dos objetos apresentados, levando em consideração a análise das características técnicas e comerciais destes, considerando o seu valor e a depreciação causada pelo uso, danos sofridos e desatualização merceológica [6]. Segundo Thaumaturgo (2024) as perícias merceológicas se baseiam em três pilares principais: a identificação, a autenticação e a avaliação [1].

O objetivo deste trabalho é relatar a avaliação merceológica de 37 (trinta e sete) objetos apreendidos no âmbito de um inquérito policial. A investigação apurava as práticas de estelionato, organização criminosa, induzimento do consumidor a erro, lavagem de dinheiro e divulgação de loteria não autorizada, crimes supostamente praticados por influenciadoras digitais residentes na Planície Litorânea do estado do Piauí.

2. RELATO DO CASO

Em dia 11 (onze) de setembro de 2025, foi dado cumprimento ao Mandado de Busca e Apreensão na residência de T.C.M. em Parnaíba/PI, onde foram apreendidos diversos objetos. Os respectivos objetos foram encaminhados para o Núcleo Regional de Polícia Científica de Parnaíba, onde o perito procedeu a análise pericial e tomada de fotos de modo a responder os quesitos encaminhados pela autoridade policial. Os objetos foram categorizados de acordo com a marca em 15 categorias, conforme listado abaixo e disposto na Figura 1:

- Arezzo (2)
- Carmen Steffens (1)

- Diesel (6)
- Dumond (1)
- Gucci (7)
- Guess (1)
- Hérmes (1)
- Lança Perfume (1)
- Louis Vuitton (1)
- Luiza Barcelos (2)
- Miu miu (2)
- Prada (7)
- Saint Laurent (2)
- Schutz (2)
- Sem marca definida (1)

2.1. Avaliação Merceológica

Os objetos foram retirados dos sacos de vestígios, analisados e fotografados para proceder a identificação, autenticação e a avaliação. Sendo possível as seguintes constatações através da análise pericial as seguintes constatações:

- Os dois objetos da marca Arezzo, se tratavam de dois calçados e ambos apresentavam características compatíveis com produtos da marca.



Figura 1. Gráfico mostrando as marcas dos objetos periciados.

- O objeto da marca Carmen Steffens consistia em um calçado e apresentava características compatíveis com os produtos da marca.
- Os seis objetos da marca Diesel consistiam de um cinto e cinco bolsas. Não fora possível realizar a autenticação do cinto devido à ausência de parâmetros comparativos. Duas bolsas apresentavam características compatíveis com produtos da marca e três bolsas não apresentavam compatibilidade nas características da marca (Figuras 2 e 3).

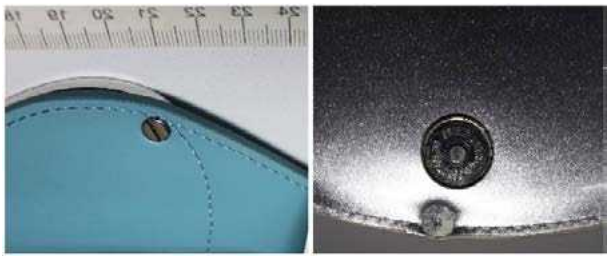


Figura 2 (esquerda) mostrando detalhe da forma do parafuso de uma bolsa da marca Diesel **e Figura 3 (direita)** mostrando detalhe da forma de parafuso de um dos objetos analisados.

- O objeto da marca Dumont consistia em um calçado, cuja autenticação não foi possível realizar devido à ausência de parâmetros comparativos.
- Os sete objetos da marca Gucci consistiam de um calçado, dois cintos e quatro bolsas. O calçado, um dos cintos e quatro bolsas apresentaram características compatíveis com os produtos da referida marca. Contudo, não foi possível realizar a autenticação do cinto restante devido à ausência de parâmetros comparativos.
- O objeto da marca Guess consistia em uma bolsa, cuja autenticação não foi possível realizar devido à ausência de parâmetros comparativos
- O objeto da marca Hermès consistia em um calçado que não apresentava características compatíveis com os produtos da marca (Figuras 4 e 5).



Figura 4 (esquerda) mostrando detalhes da forma do solado de sandália da marca Hérmes, a qual contém nome da marca grafado. **Figura 5 (direita)** mostrando calçado analisado sem o nome da marca grafado.

- O objeto da marca Lança Perfume consistia em uma bolsa e apresentava características compatíveis com os produtos da marca.
- O objeto da marca Louis Vuitton consistia em uma bolsa e apresentava características compatíveis com os produtos da marca.
- Os dois objetos da marca Luiza Barcelos consistiam de dois calçados e ambos apresentavam características compatíveis com produtos da marca.
- Os dois objetos da marca Miu Miu consistiam em um óculos e uma bolsa e ambos apresentavam características compatíveis com produtos da marca.

- Os sete objetos da marca Prada consistiam de um calçado e seis bolsas. Dentre os objetos apenas duas bolsas não apresentavam características compatíveis com produtos da marca (Figuras 6 a 9).



Figura 6 (esquerda) mostrando detalhe do logotipo triangular metálico esmaltado com nome da marca. **Figura 7 (direita)** mostrando detalhe do logotipo triangular metálico esmaltado sem nome da marca em uma das bolsas analisadas.



Figura 8 (acima – bolsa marfim) mostrando detalhe do botão de pressão lateral com nome da marca. **Figura 9 (abaixo – bolsa cinza)** mostrando botão de pressão lateral sem nome da marca em uma das bolsas analisadas.

- Os dois objetos da marca Saint Laurent consistiam em um calçado e uma bolsa e ambos apresentavam características compatíveis com produtos da marca.
- Os dois objetos da marca Schutz consistiam de dois calçados e ambos apresentavam características compatíveis com produtos da marca.
- Um objeto examinado não apresentava elementos ou características que permitissem a identificação de sua marca ou fabricante.

No total, examinaram-se 21 bolsas, 12 calçados, 3 cintos e 1 óculos (Figuras 10). Desse montante, 26 objetos apresentaram compatibilidade (C), 6 objetos não apresentaram compatibilidade (NC) e 5 não puderam ser comparados em razão da ausência de parâmetros (AP) (Figura 11).



Figura 10. Gráfico mostrando a quantidade de objetos analisados por tipo.

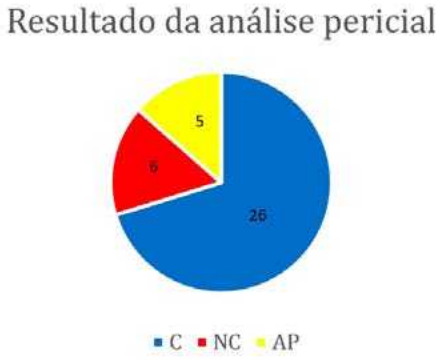


Figura 11. Gráfico mostrando o resultado da análise pericial. C – Compatibilidade, NC – Não Compatibilidade e AP – Ausência de Parâmetros para Comparação.

Os objetos avaliados que apresentaram compatibilidade com os produtos das respectivas marcas somaram um montante de R$ 192.946,00 (cento e noventa e dois mil novecentos e quarenta e seis reais).

3. DISCUSSÃO

As contrafações podem ser de três tipos quanto ao seu nível de sofisticação: contrafações grosseiras, contrafações medianas e contrafações elaboradas. Contrafações grosseiras - o Perito consegue constatar a contrafação através do exame visual, graças à presença de inconsistências óbvias. Contrafações medianas - o Perito consegue constatar a contrafação através da análise de características de autenticidade conhecidas. Contrafações elaboradas - o Perito somente consegue constatar a contrafação através do confronto com padrões de autenticidade [7]. No presente trabalho, não foi possível realizar o exame comparativo de 5 (cinco) objetos, em razão da ausência de parâmetros de confronto com os padrões de autenticidade das marcas.

A lavagem de dinheiro é uma operação comercial ou financeira que tende regularizar recursos, bens e serviços provenientes de atividades delituosas. A operação é um processo através do qual o indivíduo esconde a existência da fonte ilegítima ou a aplicação ilegal ao ca-

pital, fazendo com que os ativos ilícitos se transformem em ativos lícitos [8]. Os 26 objetos que apresentaram compatibilidade avaliados neste trabalho somaram um montante de mais de R$190.000,00 (cento e noventa mil reais), mostrando o alto valor dos bens analisados.

No que tange ao exame de produtos e mercadorias, a atuação da Perícia Criminal se restringe na maioria das vezes ao mercado ilegal da contrafação (pirataria). As perícias são realizadas através da constatação de reprodução ou imitação, no todo ou em parte, de propriedades registradas, seja um artigo de vestuário que ostenta uma marca notoriamente conhecida (ou de alto renome), ou uma mídia que reproduz conteúdo autorais, como músicas e vídeos, por exemplo [9]. A avaliação de bens de luxo vinculados a investigações de lavagem de dinheiro tem impulsionado a demanda por perícias merceológicas, com foco na determinação da autenticidade e na precificação desses bens no âmbito criminal.

A publicidade realizada por influenciadores digitais no setor de jogos de azar expõe um cenário preocupante, em que a ausência de regulamentação clara e fiscalização eficiente contribui para a disseminação de práticas potencialmente lesivas aos consumidores. A responsabilização dos influenciadores digitais na publicidade de jogos de azar não apenas resguarda os direitos dos consumidores, mas também contribui para a construção de um ambiente digital mais ético e transparente [10]. No que tange ao caso em tela, o processo segue o devido trâmite legal, figurando atualmente em fase de denúncia oferecida pelo Ministério Público.

4. CONCLUSÕES

A demanda por exames merceológicos em bens de luxo acompanha o incremento dos crimes de lavagem de capitais e ocultação de patrimônio no Brasil e no exterior, demandando estruturas periciais capacitadas para a produção da prova material. Por meio dessas análises, tornou-se possível estimar o valor de ativos potencialmente oriundos de práticas ilícitas. A metodologia comparativa é um dos instrumentos para a valoração e autenticação desses ativos, contudo, sua eficácia depende da existência de padrões confiáveis. De forma a suprir essa lacuna metodológica, a criação de manuais e informativos técnicos pelas empresas detentoras das marcas, restritos aos órgãos de fiscalização e perícia, funcionará como um facilitador crítico para assegurar a precisão e a celeridade dos confrontos forenses.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Thaumaturgo, N. Curso Geral de Merceologia Forense, Aula 1, Turma 2 (2024).

[2] BRASIL. DECRETO Nº 10.818, DE 27 DE SETEMBRO DE 2021. Regulamenta o disposto no art. 20 da Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021, para estabelecer o enquadramento dos bens de consumo adquiridos para suprir as demandas das estruturas da administração pública federal nas categorias de qualidade comum e de luxo. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 27 set. 2021.

[3] De Queiroz, F. V. Relatório de Gestão Integrado 2025. Conselho de Controle de Atividades Financeiras. Unidade de Inteligência Financeira do Brasil. Retirado em 20/05/2026, de https://www.gov.br/coaf/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-do-coaf-1/rgi-2025.pdf.

[4] Pimentel, M. C. O consumo de luxo e o crime de lavagem de dinheiro na moda (2025). Retirado em 20/05/2026 de https://www.jusbrasil.com.br/artigos/o-consumo-de-luxo-e-o-crime-de-lavagem-de-dinheiro-na-moda/5335805166.

[5] BRASIL. LEI Nº9.613, DE 3 DE MARÇO DE 1998. Dispõe sobre os crimes de "lavagem" ou ocultação de bens, direitos e valores; a prevenção da utilização do sistema financeiro para os ilícitos previstos nesta Lei; cria o Conselho de Controle de Atividades Financeiras - COAF, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 mar. 1998.

[6] CARTA DE SERVIÇOS. Departamento de Polícia Científica da Polícia Civil do Piauí. Serviços da perícia oficial prestados no estado do Piauí na área criminal (2021). Retirado em 21/05/2026 de https://dptc.pc.pi.gov.br/carta.php.

[7] Thaumaturgo, N. Curso Geral de Merceologia Forense, Aula 2, Turma 2 (2024).

[8] Crimes Contra a Nação. *Perícia Federal*, Brasília -DF, Ano IV, Nº14, p. 19, Junho/Julho de 2003. Associação Nacional dos Peritos Criminais Federais.

[9] D.B. Koch, Rev. Bras. Crimin. 11(1), 37-42, 2022.

[10] Santos, M. L. S., & Gomes, A. D. (2025). RESPONSABILIDADE CIVIL DOS INFLUENCIADORES DIGITAIS NA PUBLICIDADE DE JOGOS DE AZAR NO BRASIL. Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação, 11(4), 1397–1414. https://doi.org/10.51891/rease.v11i4.18712.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise Documentoscópica de Arquivos Digitais: Abordagem Perceptual, Contextual e de Metadados na Detecção de Fraudes em Pregão Eletrônico

L. A. F. Cazumbá[a,*], A. P. Sanches[a], F. R. S. Gianini[a], J. A. de Brito[a]

[a]Núcleo de Evidências Forenses, Centro de Apoio à Execução, Ministério Público do Estado de São Paulo, São Paulo (SP), Brasil
**Endereço de e-mail para correspondência: lucilenecazumba@mpsp.mp.br Tel.: +55-19-99105-5333*

Palavras-chave: documentoscopia; análise de metadados; integridade documental; autoria documental; pregão eletrônico

1. INTRODUÇÃO

O processo licitatório constitui instrumento essencial da Administração Pública para a contratação de bens e serviços, sendo regido por princípios como legalidade, isonomia, transparência, competitividade e moralidade administrativa. A progressiva digitalização dos procedimentos licitatórios, com a adoção de sistemas eletrônicos e a utilização de documentos digitais em substituição aos documentos físicos, trouxe ganhos significativos de eficiência e rastreabilidade, mas também ampliou o potencial de ocorrência de fraudes documentais no ambiente eletrônico [1].

Nesse contexto, documentos digitais passaram a assumir papel central como elementos probatórios em processos administrativos e investigações, exigindo abordagens técnico-periciais específicas. Diferentemente dos documentos físicos, os documentos digitais apresentam características próprias relacionadas à sua estrutura lógica, metadados, histórico de edição e autoria, cuja análise é determinante para a identificação de incongruências técnicas indicativas de adulteração ou autoria diversa [2].

O presente trabalho apresenta dois estudos de caso de análise documentoscópica de arquivos digitais inseridos em pregão eletrônico, com a identificação de indícios técnicos de fraude relacionados à atribuição de autoria incompatível, em que documentos formalmente atribuídos a empresa participante exibem elementos técnicos associados à atuação de agente público, com potencial interferência na competitividade do certame.

2. OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo deste estudo é descrever a metodologia pericial empregada na análise de arquivos digitais em processo licitatório, demonstrando, a partir de dois estudos de caso, como a integração entre extração de *hashes*, análise de metadados, exame da estrutura de arquivos PDF, análise perceptiva e contextual permite a identificação de indícios técnicos de autoria diversa, manipulação documental e inserção indevida de conteúdo no contexto do certame.

3. METODOLOGIA

A análise pericial foi estruturada em fases sequenciais, padronizadas e rastreáveis, e fundamenta-se em diretrizes do *Scientific Working Group for Forensic Document Examination* (SWGDOC) [3], no que se refere ao exame documentoscópico, complementadas por recomendações do *Scientific Working Group on Digital Evidence* (SWGDE) [4], aplicáveis à análise de arquivos digitais, metadados e aspectos estruturais dos documentos eletrônicos. No desenvolvimento das diferentes etapas, foram empregadas ferramentas computacionais especializadas, com destaque para o *software* Peritus, desenvolvido pela Polícia Federal, utilizado de forma transversal nas análises de imagens e na identificação e comparação de fontes tipográficas, bem como o *software* PDFGears, aplicado de forma complementar na inspeção da estrutura interna dos arquivos PDF e na visualização de possíveis elementos sobrepostos. Ao término de cada fase, procedeu-se à interpretação integrada dos resultados, visando preve-

nir que elementos isolados influenciassem de maneira indevida as conclusões acerca da autoria, da integridade e da cronologia documental.

3.1. Recebimento e preservação das evidências digitais

Os arquivos digitais relacionados ao processo licitatório foram recebidos em meio eletrônico e submetidos a procedimentos de preservação da integridade da evidência [5]. Para cada documento, realizou-se a extração de valores *hash*[1] criptográficos, permitindo o controle de integridade e assegurando que os arquivos analisados permaneceram inalterados durante todo o exame pericial. Arquivos com *hash* idênticos foram reconhecidos como cópias exatas de conteúdo, independentemente de suas denominações.

3.2. Análise de metadados

Na etapa seguinte, procedeu-se à análise dos metadados [6, 7] dos arquivos PDF, incluindo informações relativas a: (i) autoria, (ii) software de criação e de edição (exportação) para PDF; (iii) datas e horários de criação e modificação; e, (iv) demais registros técnicos disponíveis no campo de propriedades do documento. Os dados foram sistematizados em planilha comparativa para o cotejamento entre a autoria questionada e características dos documentos. Essa análise possibilitou identificar inconsistências entre a autoria formalmente declarada, atribuída à empresa participante da licitação, e os dados técnicos associados à produção dos documentos.

3.3. Análise da estrutura interna dos arquivos PDF

Paralelamente, foi examinada a estrutura lógica dos documentos PDF [8, 9], contemplando a análise de objetos constituintes, organização do conteúdo, camadas de texto e fontes incorporadas. Atenção especial foi atribuída ao número e à disposição das tabelas de referência cruzada (XRef), em razão da presença de múltiplas estruturas dessa natureza nos arquivos examinados. Considerando que tais tabelas correspondem ao índice interno do PDF e podem estar associadas a sucessivas atualizações do documento, sua análise mostra-se relevante no contexto da avaliação da estrutura e organização interna dos arquivos, especialmente em exames comparativos. Essa etapa teve como finalidade verificar a coerência estrutural dos documentos e sua compatibilidade com documentos habitualmente produzidos pelas empresas licitantes.

3.4. Análise perceptiva e estrutural do conteúdo

A metodologia incluiu ainda a análise perceptiva, baseada na observação sistemática dos aspectos visuais dos documentos, tais como *layout*, padronização gráfica, alinhamentos, espaçamentos, formatação textual e uniformidade. Essa etapa evidenciou inconsistências internas relevantes, sobretudo quanto à padronização tipográfica, sugerindo intervenções pontuais incompatíveis com uma produção documental homogênea.

1 Entende-se por *hash:* função criptográfica que gera, a partir do conteúdo integral do arquivo, uma sequência alfanumérica única.

Tabela 1. Síntese comparativa dos exames periciais em documentos digitais

Eixo Analítico	Síntese comparativa dos exames periciais em documentos digitais	
	ESTUDO DE CASO 1	ESTUDO DE CASO 2
Objetivo	Analisar o conteúdo e os metadados dos documentos, a fim de informar o autor, horário e data em que foram transformados em PDF.	Verificação de autoria, integridade e cronologia com foco em possível atuação de agente público.
Material	22 arquivos PDF (atestado, proposta, certidão, declaração, outros documentos)	54 arquivos (PDF e ZIP), incluindo documentos e versões derivadas.
Metodologia	Hash, metadados, análise estrutural de PDF e análise documentoscópica (perceptual e contextual) - Peritus e PDFGears.	Hash, metadados, análise estrutural de PDF e análise documentoscópica (perceptual e contextual) - Peritus e PDFGears.
Integridade	Identificação de documentos idênticos (mesmo hash) e controle de rastreabilidade.	Identificação de documentos idênticos (mesmo hash) e controle de rastreabilidade.
Autoria/Estrutura	Metadados indicam autoria atribuída à pessoa denominada “E.M.O” (MS Word) e reprocessamento (múltiplas XRef).	Metadados indicam autoria atribuída a à pessoa denominada “E.M.O” e múltiplas versões estruturais (XRef).
Conteúdo	Variações tipográficas indicam indícios de edição e manipulação documental.	Variações tipográficas indicam indícios de edição e manipulação documental.

4. RESULTADOS

4.1. Estudo de Caso 1

Foram analisados 22 arquivos PDF relativos ao Pregão Eletrônico de uma Prefeitura Municipal de uma cidade do interior do Estado de São Paulo, por meio de procedimentos de extração de *hash*, análise de metadados e estrutural dos arquivos PDF e análise documentoscópica de natureza perceptual e contextual.

Identificaram-se 3 documentos com valores de *hash* idênticos, indicando tratar-se de cópias exatas de conteúdo, apesar de denominações distintas.

A análise de metadados revelou que esses arquivos foram criados e exportados a partir do Microsoft Word 2021, com autoria atribuída a "E.M.O.", apresentando datas de criação e modificação coincidentes, conforme Fig.1.

TÍTULO	CREATOR	PRODUCER	DATA DE CRIAÇÃO	DATA DE MODIFICAÇÃO	PAGS.	VERSÃO DO PDF
f62f417da6e6451b814af4e7fbf23404.pdf Comprovação de enquadramento em ME/EPP (15)	Microsoft Word 2021 Autor: [redacted]	Microsoft Word 2021	25/06/2025 às 20:30:12	25/06/2025 às 20:30:12	5	1.7
5e1a8d3d17224b98bf66d73a41c9994f.pdf Declaração de cumprimento dos requisitos de Habilitação (16)						
3af0d3fb9d3d42e283a8d252217241b6.pdf Declaração de enquadramento no regime de tributação de ME/EPP (17)						
b9185119169142 8da85142a3cf82fd4d.pdf Declaração de inexistência de fatos impeditivos ou supervenientes (18)	Canon	*****	20/06/2025 às 13:58:18	*****	5	1.3
50b7bfd1ea4c4a85b27ef51fc3cafc59.pdf Outros documentos (19)	Canon	*****	26/06/2025 às 13:56:45	*****	40	1.3

Figura 1. Ilustração de parte dos metadados compilados dos arquivos analisados com destaque para os com autoria suspeita conforme relato do requisitante

A análise estrutural evidenciou a existência de mais de uma versão interna do PDF, com divergências nos valores de *hash* e no número de tabelas de referência cruzada (XRef), indicando processamento ou atualização incremental do arquivo, conforme Fig. 2.

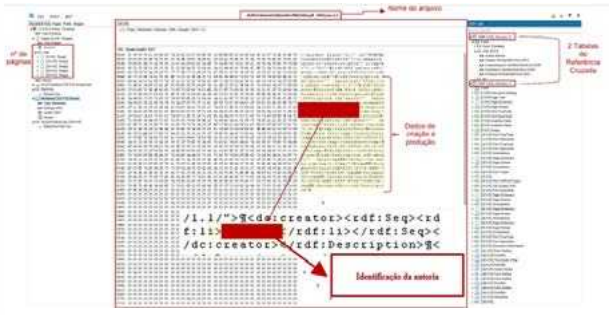


Figura 2. Ilustração da estrutura do arquivo "f62f417da6e-6451b814af4e7fbf23404.pdf"

Na análise perceptual, observaram-se inconsistências tipográficas, incluindo mudança abrupta de fonte, variação de tamanho tipográfico e repetição de palavra no ponto exato da troca de fonte, características incompatíveis com produção contínua e uniforme. O conjunto dos achados indica vestígios materiais de edição e manipulação documental, afastando a hipótese de integridade dos documentos analisados.

4.1. Estudo de Caso 2

Foram analisados 54 arquivos digitais (PDF e ZIP) apresentados no âmbito de outro Pregão Eletrônico da mesma Prefeitura Municipal, por meio de extração de valores de *hash*, análise de metadados, análise estrutural de arquivos PDF e análise documentoscópica, com foco na verificação de autoria, integridade e cronologia dos documentos.

A análise de integridade identificou arquivos com valores de *hash* idênticos, inclusive com denominações distintas, evidenciando a existência de duplicidade documental rastreável. A análise de metadados revelou autoria atribuída a "E.M.O.", associada à geração dos documentos em ambiente de edição (Microsoft Word), constituindo elemento técnico relevante para a identificação da origem dos arquivos.

A análise estrutural evidenciou a presença de múltiplas versões internas (tabelas XRef), compatíveis com processos de regravação ou modificação incremental, indicando a ocorrência de intervenção na estrutura dos documentos digitais. Na análise documentoscópica, observaram-se variações tipográficas e composição documental heterogênea, incompatíveis com produção contínua e uniforme, constituindo indícios técnicos de edição e manipulação documental no contexto do certame., conforme Fig. 3.

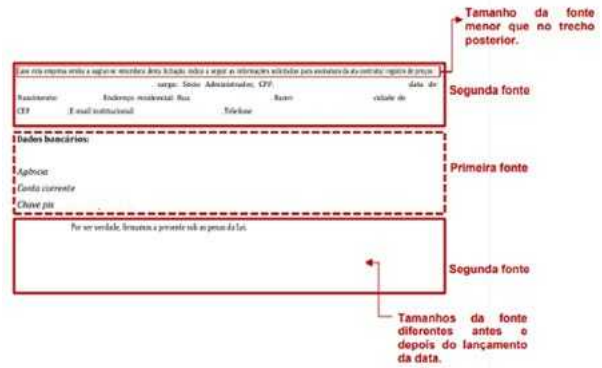


Figura 3. Parte de uma página do arquivo "f77d1176ad2d4beca-b8bb0087a546335.pdf Proposta em papel timbrado, assinada e com CNPJ (26)" – Conjunto 14

Os arquivos analisados, em ambos os estudos de caso, evidenciaram ocorrência de duplicidade documental, convergência de autoria técnica e inconsistências estruturais e tipográficas, compatíveis com intervenções em meio digital. A presença de múltiplas versões internas (XRef), associada a padrões diferentes de composição gráfica, demonstra ausência de integridade, bem como indica origem comum entre arquivos examinados. A aplicação da metodologia permitiu identificar, de forma técnica e objetivo, arquivos que, embora apresentados no âmbito do Pregão Eletrônico como integrantes da documentação de empresa parti-

cipante, continham, no campo "Autoria", a indicação de servidora vinculada à Prefeitura.

A análise dos metadados, associada ao cotejamento entre diferentes versões dos arquivos PDF, evidenciou elementos técnicos consistentes quanto à origem dos documentos, incluindo a indicação de geração a partir do software Microsoft Word e a atribuição de autoria a "E.M.O". Tais informações, consideradas em conjunto com as características tipográficas e o padrão de embutimento de fontes, configuram indicativos convergentes quanto ao ambiente de produção e ao processo de formação dos arquivos.

Adicionalmente, a análise estrutural e tipográfica possibilitou a identificação precisa de trechos com inconsistências quanto ao tipo e ao tamanho de fonte, em desconformidade com o padrão gráfico predominante nos documentos formalmente atribuídos à empresa.

5. CONCLUSÕES

Os achados, relativos aos dois estudos de caso e fundamentados na análise integrada de metadados, na estrutura interna dos arquivos PDF, no exame perceptual e da comparação tipográfica, evidenciam indícios de autoria diversa e de inserções gráficas inconsistentes, configurando elementos técnicos relevantes para a apuração de possíveis irregularidades no contexto do processo licitatório analisado.

Tais resultados reforçam a necessidade de domínio técnico especializado em arquivos digitais, evidenciando que a interpretação adequada de vestígios estruturais, metadados e padrões documentoscópicos depende do aprofundamento contínuo do conhecimento pericial, condição indispensável à correta avaliação da prova digital.

Destaca-se, nesse contexto, que a Documentoscopia mantém papel fundamental mesmo diante de documentos em formato digital, uma vez que os princípios de análise de autoria, detecção de alterações e avaliação tipográfica permanecem aplicáveis, ainda que adaptados às particularidades do ambiente eletrônico. Assim, a integração entre abordagens clássicas da documentoscopia e técnicas aplicadas à análise de evidências digitais [10, 11] mostra-se indispensável para a identificação de intervenções, a verificação de autenticidade e a compreensão da formação e evolução dos documentos analisados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Brasil. Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021. Lei de licitações e contratos administrativos. Brasília: Presidência da República (2021). Acessado em 15/05/2026 de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm

[2] C. Parodi. Falsificação de Documentos em Processos Eletrônicos. Ed. Técnica Pericial, São Paulo (2018).

[3] SWGDOC. Scientific Working Group for Forensic Document Examination. *Published Standards and Guidelines for Forensic Document Examination*. Disponível em: <https://www.swgdoc.org/>. Acesso em: 27 maio 2026.

[4] SWGDE. Scientific Working Group on Digital Evidence. *Guidelines and Recommendations*. Disponível em: <https://www.swgde.org/documents/>. Acessado em 27/05/2026.

[5] A.M.T. Gouveia. Funções de hash: fundamentos e aplicações em segurança da informação. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Pernambuco (2024).

[6] N.D. Arizona et al. Metadata forensic analysis as support for digital investigation process by utilizing Metadata-Extractor. Journal of Intelligent Software Systems 3(2): 27–31 (2024). Acessado em 15/10/2025, de https://doi.org/10.26798/jiss.v3i2.1503

[7] L.F. Ayão. Uma outra face dos metadados: metadados para a preservação de documentos digitais. Ciência da Informação 15(30): 1–20 (2010). Acessado em 14/10/2025, de https://www.icict.fiocruz.br/sites/www.icict.fiocruz.br/files/Uma%20outra%20face%20dos%20metadados.pdf

[8] ISO. ISO 32000-1:2008 — Document management — Portable document format Part 1: PDF 1.7. International Organization for Standardization, Geneva (2008).

[9] ISO. ISO 32000-2:2020 — Document management — Portable document format — Part 2: PDF 2.0. International Organization for Standardization, Geneva (2020).

[10] E.S.C. Silva; S. Feuerharmel. Documentoscopia: aspectos científicos, técnicos e jurídicos. Millennium, Campinas (2014).

[11] V. Shepitko; M. Shepitko. Document examination and digital evidence. *Nowa Kodyfikacja Prawa Karnego*, Tom LXXV, AUWr No 4352, Wrocław (2025), p. 113–124. https://doi.org/10.19195/2084-5065.75.8

L. A. F. Cazumbá, M. A. L. Silva, P. L. S. Neves, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Documentoscopia em Transição: do Papel ao Digital no TJ/SP (2019–2026)

L. A. F. Cazumbá[a], M. A. L. Silva[b], P. L. S. Neves[c]

[a]*Ministério Público do Estado de São Paulo (SP), Brasil*
[b]*Perita Judicial do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo (SP), Brasil*
[c]*Pontifícia Universidade Católica de Campinas/SP, Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: lucilenecazuymba@mpsp.mp.br Tel.:(51)19-99105-5333*

Palavras-chave: documentoscopia, grafoscopia, documento digital, nomeações, transição.

1. INTRODUÇÃO

A documentoscopia e a grafoscopia consolidaram-se historicamente como áreas voltadas à verificação da autenticidade, da autoria e da integridade de documentos e lançamentos gráficos. Tradicionalmente, a documentoscopia abrange diferentes categorias de exame, definidos conforme a natureza da evidência e o problema pericial, incluindo: análise de escrita manuscrita, detecção de alterações documentais, identificação de processos de impressão e equipamentos, exame de tintas e suportes, além de impressões e marcas, correspondência física de substratos e técnicas de preservação e recuperação documental [1–4].

Com o advento do processo eletrônico, das assinaturas digitais e das capturas biométricas em dispositivos sensíveis ao toque, a documentoscopia passou a atuar em estreita integração com a computação forense. Nesse contexto, os elementos clássicos de análise foram adaptados no meio digital, manifestando-se por meio de inconsistências de metadados e de versões de arquivos, identificação de softwares e dispositivos geradores de documentos, análise de camadas e processos de renderização, investigação de vestígios estruturais internos (como tabelas de referência cruzada – em arquivos PDF) e análise da estrutura e codificação dos arquivos [5–7].

A crescente digitalização dos processos judiciais e administrativos intensificou a migração das fraudes documentais do suporte físico para o digital. Nesse cenário, a análise pericial passou a incorporar novos elementos probatórios, como análise de metadados criptográficos, trilhas de auditoria, endereços IP e registros temporais, exigindo domínio de conceitos relacionados à cadeia de custódia digital e à integridade da evidência eletrônica [8–9].

Além disso, o elevado volume de processos eletrônicos [10] no sistema judiciário brasileiro impacta diretamente o perfil das demandas periciais. Nesse cenário, torna-se essencial compreender como a atuação em documentoscopia e grafoscopia tem evoluído diante dessa transformação tecnológica, especialmente no âmbito das perícias realizadas em nível local.

2. OBJETIVO

Mapear a evolução dos tipos de perícias em documentoscopia e grafoscopia, evidenciando a transição das análises em documentos físicos para arquivos digitais, e analisar como os dados relativos à cidade de Campinas/SP refletem essa mudança no perfil das demandas periciais.

3. METODOLOGIA

Realizou-se um estudo retrospectivo, descritivo e quantitativo, a partir do levantamento de nomeações em processos periciais recebidos no período de 2019 a 2026, referentes à atuação de uma perita judicial na cidade de Campinas/SP.

Os casos foram catalogados e organizados em duas macroáreas:

- **Documentoscopia/Grafoscopia Tradicional**: envolvendo documentos em suporte físico (originais ou cópias);
- **Documentoscopia/Grafoscopia Digital**: envolvendo arquivos digitais (PDF), assinaturas eletrônicas e capturas biométricas.

Foram analisadas as seguintes variáveis: tipo de perícia solicitada; suporte documental; natureza da fraude; ferramentas e metodologias periciais empregadas. Os dados foram sistematizados e analisados de forma comparativa, permitindo a identificação de tendências ao longo do período estudado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período analisado (2019–2026), foram registradas 451 nomeações periciais, evidenciando a relevância e a constância da demanda na área.

4.1 Evolução temporal das nomeações

Observa-se variação no número de nomeações ao longo do período analisado. Nos anos de 2019 e 2020, registram-se 40 e 30 nomeações, respectivamente, valores relativamente mais baixos, possivelmente relacionados à fase inicial de cadastramento da profissional. Em 2021 e 2022, verifica-se aumento expressivo da demanda, com 79 nomeações em cada ano. Em 2023, há redução para 60 nomeações, seguida de novo incremento em 2024, com 70 registros. Em 2025, o quantitativo retorna ao patamar de 60 nomeações. Por fim, em 2026 (até maio), contabilizam-se 33 nomeações, indicando tendência de manutenção de volumes elevados, conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1. Nomeações nos anos de 2019 a 2026

4.2 Distribuição por área pericial

Das 451 nomeações, verifica-se o predomínio das perícias grafoscócpias, com 388 (86,0%) relacionados à análise de assinaturas. Em seguida, destacam-se as demandas envolvendo biometria e análise de metadados, com 47 nomeações (10,4%). As análises documentoscópicas totalizaram 10 casos (2,2%), enquanto a papiloscopia correspondeu a 4 nomeações (0,9%). Por fim, registraram-se 2 casos (0,4%) de exame de Comparação Forense de Locutor. Esses dados evidenciam a predominância da grafoscopia no conjunto das demandas analisadas, conforme ilustrado na Figura 2.



Figura 2. Volume total de nomeações no TJ/SP distribuído por especialidade pericial

4.3 Natureza do suporte documental

Verificou-se que 420 nomeações (93,1%) envolveram documentos em formato digitalizado, inseridos diretamente nos autos eletrônicos, ao passo que 31 casos (6,9%) corresponderam a documentos acautelados em cartório no suporte físico, representando parcela minoritária. Esse cenário confirma a predominância da documentação digital no contexto pericial contemporâneo.

4.4 Transição no perfil das fraudes

Nos anos iniciais (2019-2023), observou-se predominância de exames grafoscópicos voltados à análise de assinaturas manuscritas (94,57%); majoritariamente em documentos físicos ou em cópias digitalizadas, especialmente contratos bancários produzidos em papel (160 casos). Nos anos mais recentes (2024–2026), verifica-se mudança significativa no perfil das demandas, caracterizada pelo aumento de documentos nativos digitais, em especial contratos em formato PDF, bem como pelo crescimento de exames envolvendo assinaturas eletrônicas, biometria e análise de metadados (22,78%). Essa evolução evidencia alteração no padrão das fraudes documentais, com progressivo deslocamento do suporte físico para o ambiente digital, implicando novas formas de manipulação e ocultação de vestígios.

4.5 Mudança metodológica na análise pericial

A transformação do material examinado demandou adequação metodológica nas análises periciais, com incorporação de procedimentos voltados às evidências digitais. Destacam-se, nesse contexto, a análise de me-

tadados e da estrutura de arquivos, a verificação de dados criptográficos, a avaliação de trilhas de auditoria, bem como a análise de registros de acesso, endereços IP e carimbos temporais.

Em contrapartida, técnicas tradicionais — como exames de tintas, análise de relevo gráfico e detecção de ataques químicos — tornaram-se menos frequentes, em razão da redução do uso de documentos físicos como objeto principal de exame.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstram que a evolução tecnológica não reduziu a relevância da documentoscopia e da grafoscopia, mas promoveu a redefinição de seus métodos e objetos de análise.

A transição do suporte físico para o digital implicou substituição parcial de técnicas tradicionais por métodos baseados em análise digital, com incorporação de novos elementos probatórios e exigência de domínio de conceitos relacionados à computação forense e à cadeia de custódia digital.

Verifica-se, ainda, a consolidação de um novo paradigma pericial, no qual a análise documental passa a abranger aspectos estruturais, lógicos e contextuais dos arquivos digitais.

Essa convergência entre documentoscopia e computação forense configura tendência irreversível, impondo a constante atualização técnica dos profissionais e o desenvolvimento de metodologias compatíveis com os desafios contemporâneos da prova digital.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] DEL PICCHIA FILHO, J. *José; DEL PICCHIA, Celso Mauro Ribeiro; DEL PICCHIA, Ana Maura Gonçalves. Tratado de documentoscopia: da falsidade documental.* 2. ed. rev., ampl. e atual. São Paulo: Pillares (2005).

[2] MARTINS, M. *Documentoscopia: fundamentos e aplicações* (2020).

[3] SWGDOC. Standards. *Scientific working group for forensic examination standards* (2020). Retirado em 20/05/2026, de http://www.swgdoc.org

[4] ASB. Academy Standards Board - *forensic document examination standard* (2020). Retirado em 20/05/2026, de http://www.swgdoc.org

[5] SCIENTIFIC WORKING GROUP ON DIGITAL EVIDENCE (SWGDE). *Best practices for digital evidence collection.* Version 1.0, July 11, 2018. Retirado em: 28/05/2026, de http://www.swgde.org

[6] ISO. *ISO 32000-1:2008 - Document management Part 1: PDF 1.7* (2008). Retirado em 28/05/2026, de https://www.iso.org/standard/51502.html

[7] ISO. ISO 32000-2:2020 *Part 2: PDF 2.0* (2020). Retirado em 28/05/2026, de https://www.iso.org/standard/75839.html

[8] BERNARDO AZEVEDO, R. *Perícias digitais (*2025).

[9] BERGAMIN, Ana Letícia Marchiori. *A cadeia de custódia das provas digitais no processo penal brasileiro.* Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo (2024). Retirado em 28/05/2026, de https://repositorio.pucsp.br/jspui/handle/handle/42987

[10] CONSELHO NACIONAL DE JUSTIÇA (CNJ). Justiça em números (2026). retirado em 20/05/2026, de http://www.cnj.jus.br

M. W. Braga, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Decodificação de QR Code para aplicação na identificação veicular

M. W. Braga[a,*]

[a]*Instituto de Criminalística Afrânio Peixoto, Departamento de Polícia Técnica do Estado da Bahia, Salvador (BA)- Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: marc.braga@dpt.ba.gov.br*

Palavras-chave: QRCode; Decodificação; Identificação Veicular.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, existe uma grande demanda por identificação veicular em decorrência da adulteração de sinais identificadores veiculares associada aos crimes de roubo e furto de veículos. Observa-se que os veículos automotores, em razão de seu elevado valor econômico, constituem alvos frequentes dessas práticas criminosas. Nesse contexto, os infratores, com o objetivo de obter vantagem financeira, realizam a adulteração dos sinais identificadores veiculares, buscando apresentar o veículo como regularizado e sem restrições de circulação, simulando a identidade de um automotor legalizado[1].

O CONTRAN, por meio da Resolução nº 968/2022[2], define as etiquetas automotivas como um dos sinais identificadores veiculares, assim como o número identificador veicular e a série do motor. Essas etiquetas contêm informações do número identificador veicular, além de um recurso visual criptográfico, sendo o QR Code atualmente o mais utilizado. Dessa forma, torna-se necessária uma maior compreensão acerca da organização das informações dentro da estrutura dos QR Codes, para obter quaisquer informações mesmo quando não seja possível fazer a leitura digital.

O QR Code (do inglês *Quick Response Code*) é uma matriz bidimensional de dados, de tamanho variável, que depende do tipo de codificação e da versão utilizada[3].

O objetivo deste trabalho é auxiliar na identificação de veículos através da decodificação de QR Codes em etiquetas veiculares, quando não for possível fazer sua leitura digital.

2. METODOLOGIA

Nesse trabalho, foi decodificado o QR Code alfanumérico, versão 1 (21x21), comumente utilizado para fins de identificação veicular, utilizando um software editor de planilhas.

Este QR Code, versão 1, possui 441 (21x21) módulos binários (bits) que podem ser preto (1) ou branco (0), capazes de armazenar informações na linguagem binária. Como padrão, nas extremidades superior esquerda, superior direita e inferior esquerda, é exibido três marcadores fiduciais, padrões de busca, que são quadrados concêntricos de tamanho total 7x7 que auxiliam o leitor digital na referência bidimensional, angular e métrica. Esses padrões de módulos, como também a zona de silêncio e a faixa de alinhamento, melhoram o desempenho da leitura e permitem o alinhamento de símbolos, a correção de erros e a compensação de distorções [4].

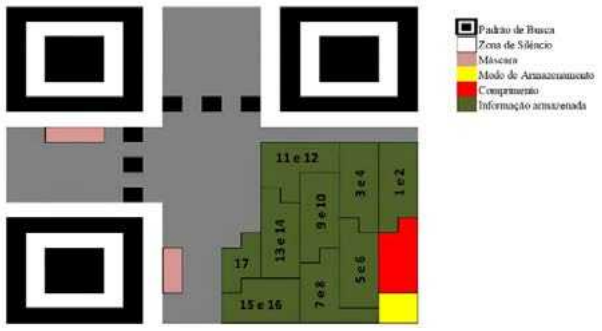


Figura 1. Layout de um QR Code

Na nona coluna, assim como na nona linha, do terceiro ao quinto módulo fica armazenada a máscara de criptografia utilizada, que podem seguir oito padrões, conforme Figura 2.

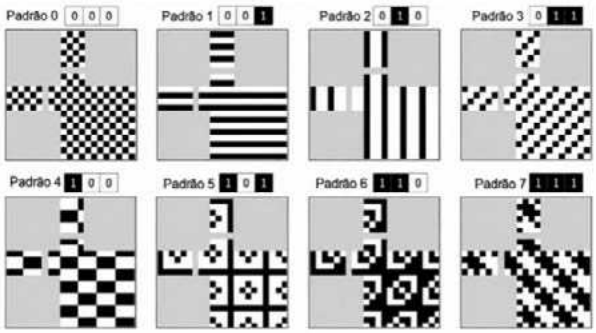


Figura 2. Padrões de máscaras

A ordem de leitura dos bits é de baixo para cima, da direita para a esquerda, conforme Figura 3.

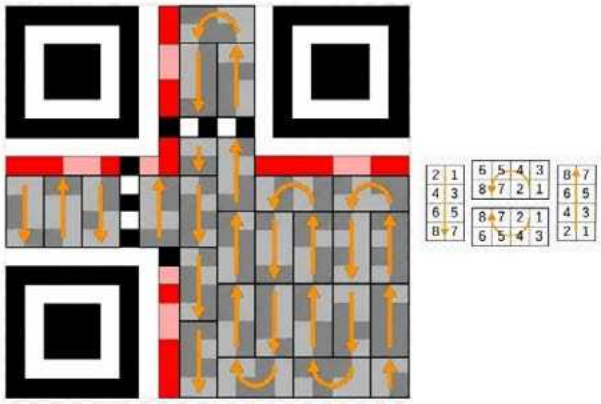


Figura 3. Ordem de leitura do QR Code

Na leitura, os quatro primeiros bits são o modo de entrada da codificação que, neste trabalho, é alfanumérico. Na versão 1, esse modo é capaz de armazenar um máximo de 25 caracteres (0–9, A–Z, "espaço", $, %, *, +, -, ., /). Na sequência, os nove bits seguintes codificam o comprimento da informação armazenada e após isso as duplas de caracteres alfanuméricos estarão agrupadas a cada 11 bits, com exceção do último caractere, quando a informação armazenada é ímpar, que possui 6 bits.

É válido ressaltar que, conforme a Figura 1, todos os módulos que não possuem a informação armazenada, apesar de importantes para auxiliar o leitor digital na velocidade e compreensão da leitura, aos olhos humanos é dispensável na análise dos dados, não sendo crucial para a decodificação da mensagem. Motivo esse que permite a uma pessoa realizar a leitura parcial do QR Code mesmo quando um leitor digital não consiga, desde que a área da informação armazenada, e somente ela, se mantenha íntegra.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para ilustrar a metodologia aplicada, foi gerado um QR Code fictício alfanumérico, versão 1 (21 × 21), por meio de ferramenta generativa de imagem, contendo a informação "ABCDEFGHIJK123456", simulando um número de identificação veicular com 17 caracteres, como ilustra a Figura 4.



Figura 4. QR Code fictício

Inicialmente, faz-se necessária a identificação da máscara utilizada no QR Code, para que seja possível sua decodificação e posterior leitura.

No QR Code ilustrado na Figura 4, a máscara apresenta a notação binária 100 e, após a aplicação da operação lógica OU-exclusivo (XOR), obtém-se a máscara real 001.

A partir disso, após a remoção da máscara, torna-se possível realizar a leitura ponto a ponto das informações contidas no QR Code.

A primeira informação identificada corresponde ao modo de codificação 0010, indicando o armazenamento de dados no formato alfanumérico. Em seguida, os próximos 9 módulos apresentam a sequência 000010001 que, convertida para decimal, corresponde ao valor 17, indicando que a informação armazenada possui comprimento de 17 caracteres.

Na sequência, os dados passam a ser armazenados em grupos de 11 módulos, com exceção do último caractere, que é armazenado em 6 módulos, uma vez que a quantidade total de caracteres é ímpar, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Decodificação do QR Code fictício

Caracteres	Binário	Decimal	Valor 1	Valor 2
1 e 2	00111001101	461	A	B
3 e 4	01000101001	553	C	D
5 e 6	01010000101	645	E	F
7 e 8	01011100001	737	G	H
9 e 10	01100111101	829	I	J
11 e 12	01110000101	901	K	1
13 e 14	00001011101	93	2	3
15 e 16	00010111001	185	4	5
17	000110	6	6	

Percebe-se, portanto, que a integralidade do QR Code não é estritamente necessária para a realização de sua leitura, sendo possível, em determinados casos, a extração parcial das informações armazenadas. Tal característica amplia as possibilidades de identificação

veicular, uma vez que, mesmo diante de deteriorações causadas pela ação humana ou pelo desgaste do tempo, ainda é possível recuperar informações relevantes para identificação do veículo.

4. CONCLUSÃO

A partir dos dados apresentados neste trabalho, é possível observar um aumento nas possibilidades de identificação veicular em comparação à simples leitura digital, uma vez que esta pode não ser possível em casos de deterioração das etiquetas contendo o QR Code, seja por ação humana ou pelo desgaste do tempo.

Dessa forma, a proposta apresentada configura-se como uma alternativa acessível e de baixo custo para ampliar os casos de identificação veicular em âmbito nacional e internacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] L. P. Miranda; T. L. Oliveira; L. C. P. Miranda. Identificação Veicular E Exame Químico-Metalográfico Em Motocicleta. *O universo das ciências exatas e da terra: teoria e aplicações*. Editora Atenas: 147 - 156 (2024).

[2] BRASIL. Resolução nº 968, de 20 de junho de 2022. Estabelece o critério de identificação de veículos, a que se refere o art. 114 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24jun. 2022.

[3] A. MISHRA; M. MATHURIA. A Review on QR Code. *International Journal of Computer Applications* ***164***: 0975 – 8887 (2017).

[4] DENSO ADC, 2011. Retirado de: https://web.archive.org/web/20130512180619/http:/www.nacs.org/LinkClick.aspx?fileticket=D1FpVAvvJuo%3d&tabid=1426&mid=4802. em 27/05/2026.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise Pericial de Desabamento Parcial em Edificação Multifamiliar em Fortaleza-CE

F. V. S. Queiroz[a,*], J. F. S. Júnior[b]

[a, b] *Perícia Forense do Estado do Ceará, Coordenadoria de Perícia Criminal, Ceará (CE), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: fernando.viana@pefoce.ce.gov.br.gov.br. Tel.: +55-85-98816-1165.*

Palavras-chave: Perícia Criminal; Desabamento; Investigação; Colapso estrutural.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho aborda a análise pericial de um desabamento parcial ocorrido em edificação multifamiliar situada no bairro Maraponga, no município de Fortaleza/CE.

O sinistro envolveu o colapso estrutural da região de pilotis e do primeiro pavimento, permanecendo os pavimentos superiores em condição instável, conforme Fig. 1.



Figura 1. Visão geral da edificação que desabou.

Eventos dessa natureza representam significativa relevância no contexto da Engenharia Forense, especialmente no que tange à investigação de falhas estruturais associadas à interação solo-estrutura, à qualidade construtiva e à ausência de controle técnico-administrativo. A análise pericial, conduzida no âmbito da criminalística, busca não apenas identificar causas técnicas, mas também subsidiar responsabilizações e contribuir para a prevenção de novos eventos.

O caso em estudo revelou sinais prévios de instabilidade estrutural, tais como inclinações progressivas, fissuras e deformações em elementos construtivos, os quais foram relatados por moradores semanas antes do colapso.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho consiste em apresentar, de forma sistematizada, os resultados da investigação pericial realizada em uma edificação que sofreu desabamento parcial, visando: Identificar as causas técnicas do colapso estrutural; Analisar a interação entre fundação e solo; Avaliar a conformidade entre projeto, execução e desempenho estrutural; Contribuir para o aprimoramento de práticas periciais e prevenção de sinistros semelhantes.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada baseou-se em procedimentos técnico-científicos típicos da Engenharia Forense e da Criminalística, contemplando:

- Inspeções *in loco* com registro fotográfico e aerofotogrametria por drone;
- Levantamento de informações junto a moradores e órgãos públicos;
- Análise documental (projetos, ARTs, relatórios técnicos e sondagens);
- Acompanhamento da demolição controlada da estrutura remanescente;
- Ensaios laboratoriais para determinação da resistência do concreto (FCK);
- Avaliação geotécnica com base em sondagens SPT anteriores e posteriores ao evento;
- Estudo da interface solo-fundação, incluindo análise do bulbo de tensões;
- Interpretação integrada dos vestígios materiais e dados técnicos.

Essa abordagem permitiu correlacionar evidências físicas com hipóteses técnicas consistentes sobre o mecanismo de ruptura.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise integrada dos vestígios materiais, ensaios laboratoriais, dados geotécnicos e informações documentais permitiu a construção de um modelo causal robusto para o desabamento parcial da edificação investigada. Os achados revelam não apenas uma causa isolada, mas um encadeamento progressivo de falhas técnicas e omissões sistêmicas, cuja interação culminou no colapso estrutural.

4.1. Desempenho estrutural e inconsistências construtivas

A avaliação da superestrutura demonstrou, sob uma análise macroscópica inicial, ausência de patologias típicas de ruptura frágil em elementos estruturais críticos. Contudo, a investigação aprofundada, mediante extração de testemunhos e ensaios de resistência à compressão, revelou um dado crítico: os valores de resistência do concreto apresentaram-se aproximadamente 50% inferiores ao especificado em projeto.

Esse resultado extrapola a margem de variabilidade aceitável prevista em normas técnicas, indicando não apenas deficiência de controle tecnológico, mas potencial comprometimento da confiabilidade estrutural desde a fase de execução. Tal condição implica redução significativa do coeficiente global de segurança, tornando a estrutura mais vulnerável a ações indiretas, como redistribuições de esforços decorrentes de recalques (Fig. 2 e Fig. 3).

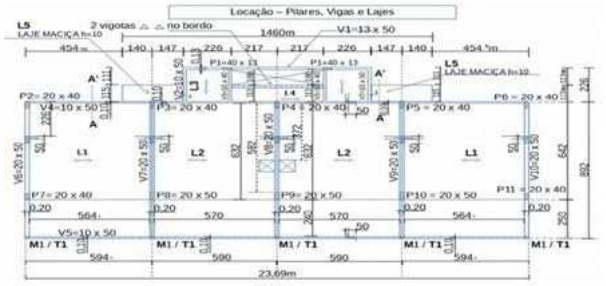


Figura 2. Locação dos pilares, das vigas e das lajes da edificação que desabou.

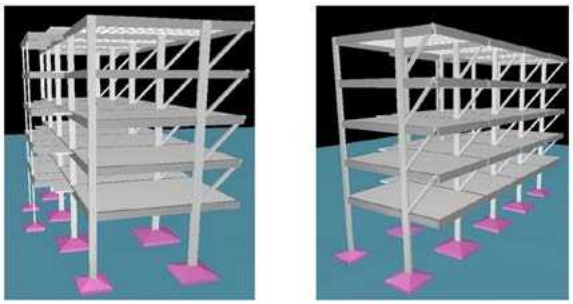


Figura 3. Perspectivas da estrutura da edificação, obtida por modelagem computacional.

4.2. Interação solo-fundação e inadequação da solução adotada

A análise geotécnica revelou-se o eixo central da compreensão do evento. A correlação entre os bulbos de tensões das sapatas e o perfil do solo evidenciou que as fundações atuavam diretamente sobre camadas argilosas de baixa resistência e elevada compressibilidade, com comportamento potencialmente colapsível.

Os ensaios de sondagem posteriores ao sinistro reforçaram a presença de solos com significativa sensibilidade à variação do teor de umidade, característica que compromete a estabilidade volumétrica sob carregamento. Nesse contexto, a adoção de fundações superficiais mostrou-se tecnicamente inadequada para as condições locais, sobretudo considerando a ausência de medidas mitigadoras, como melhoria de solo ou adoção de fundações profundas (Fig. 4 e Fig. 5).

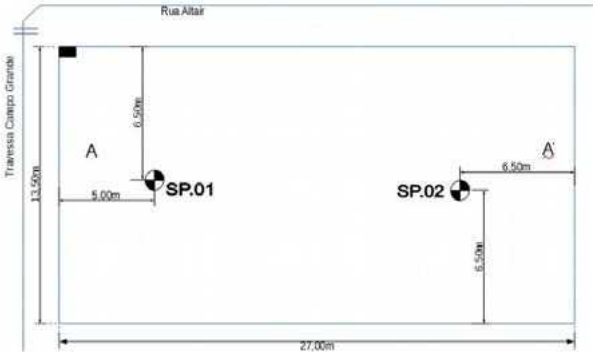


Figura 4. Locação dos furos de sondagem durante o processo de construção da edificação.

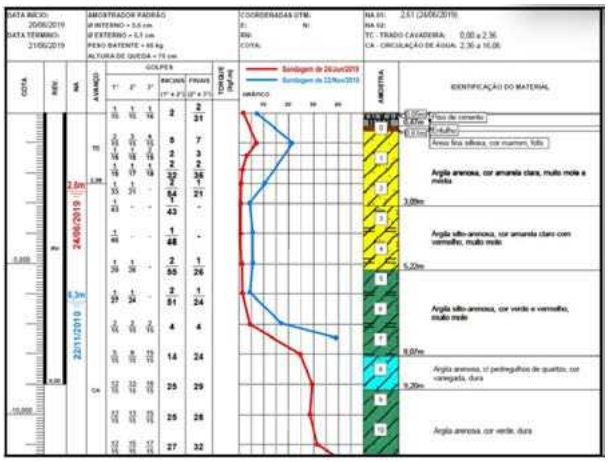


Figura 5. Comparação do resultado dos ensaios de sondagem inicial (linha azul) e final (linha vermelha).

4.3. Recalque diferencial como mecanismo predominante de ruptura

A convergência dos dados aponta de forma inequívoca para o **recalque diferencial** como mecanismo determinante do colapso. A evolução temporal do fenômeno — documentada por relatos consistentes e evidências físicas — demonstra um processo pro-

gressivo de perda de suporte em pontos específicos da fundação, especialmente na região norte da edificação (Fig. 6 e Fig. 7).

A inclinação acumulada, associada a deformações incompatíveis entre elementos estruturais, induziu esforços adicionais não previstos em projeto, promovendo um estado limite de instabilidade. O colapso dos pilotis e do primeiro pavimento pode, assim, ser interpretado como a manifestação final de um processo de redistribuição estrutural incompatível com a capacidade resistente residual da edificação.



Figura 6. Inclinações e aberturas entre paredes da edificação, antes do desabamento.



Figura 7. Desnível da laje, tomada como referência a parte superior do muro frontal, antes do desabamento.

4.4. Fatores agravantes e falhas sistêmicas

A análise pericial evidenciou que o evento não pode ser dissociado de um contexto mais amplo de falhas técnicas e administrativas. Destacam-se como fatores agravantes:

- Execução da obra sem regularização plena junto ao poder público;
- Inconsistências entre o projeto estrutural e a realidade executiva;
- Ausência de inspeções periódicas e manutenção preventiva;
- Indícios de interferências externas, como infiltrações (vazamento do imóvel adjacente), potencializado pela degradação do solo por meio das chuvas e despejos inadequados do esgoto (Fig. 8 a Fig. 11);
- Deficiência na rastreabilidade das responsabilidades técnicas (ARTs incompletas ou inexistentes).



Figura 8. Inclinações e aberturas entre paredes da edificação, antes do desabamento.



Figura 9. Inclinações e aberturas entre paredes da edificação, antes do desabamento.

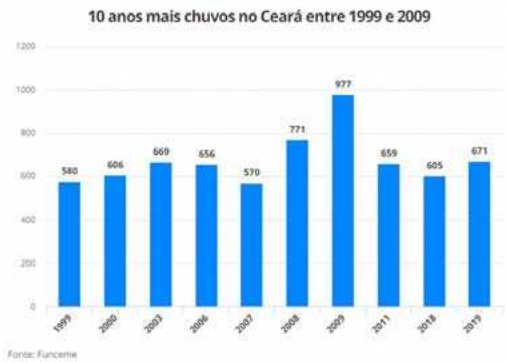


Figura 10. Gráfico mostrando a média dos últimos anos mais chuvosos do Ceará (Fonte: Funceme).

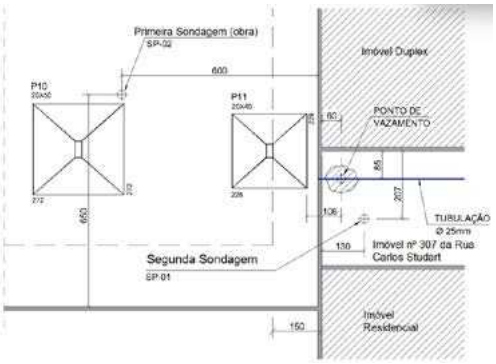


Figura 11. Ilustração da localização dos pontos de sondagem, vazamento e pilares.

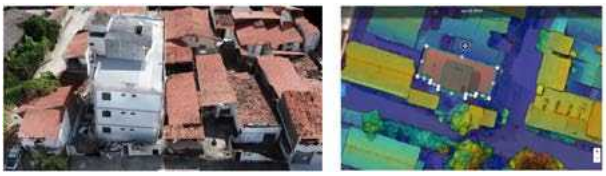


Figura 12. Visualização 3D da área do sinistro e mapeamento altimétrico, demostrando que a edificação era o imóvel mais alto na área onde aconteceu o evento.

Esses elementos configuram um cenário típico de vulnerabilidade estrutural acumulada, no qual a ausência de governança técnica atua como catalisador de falhas latentes.

4.5. Contribuições para a Engenharia Forense e políticas públicas

Do ponto de vista científico e pericial, este estudo apresenta contribuições relevantes ao evidenciar a importância da abordagem multidisciplinar na investigação de colapsos estruturais. A integração entre análise estrutural, geotecnia e avaliação documental mostrou-se essencial para a correta interpretação dos mecanismos de ruptura.

Além disso, os resultados reforçam a necessidade de revisão e fortalecimento das políticas públicas relacionadas ao controle urbano, destacando-se:

- A obrigatoriedade de inspeções prediais periódicas em edificações multifamiliares;
- O aprimoramento dos mecanismos de fiscalização de obras;
- A exigência de controle tecnológico rigoroso durante a execução;
- A incorporação de análises geotécnicas mais criteriosas na definição de soluções de fundação.

Sob a ótica da criminalística, o caso evidencia o papel estratégico da perícia técnica não apenas na elucidação de eventos, mas também como instrumento de prevenção e suporte à formulação de políticas públicas baseadas em evidências.

5. CONCLUSÕES

A investigação pericial permitiu concluir que o desabamento parcial da edificação foi causado, predominantemente, por recalque diferencial das fundações, associado a condições geotécnicas inadequadas e agravado por falhas construtivas e ausência de controle técnico.

A baixa resistência do concreto, aliada à inadequação da solução de fundação para o perfil do solo, contribuiu decisivamente para a perda de estabilidade estrutural. Soma-se a isso a inexistência de licenciamento adequado e a ausência de manutenção predial, configurando um conjunto de falhas técnicas e administrativas. Para uma melhor compreensão do sinistro, as Fig. 13 e Fig. 14 mostram a ilustração da provável dinâmica do desabamento.

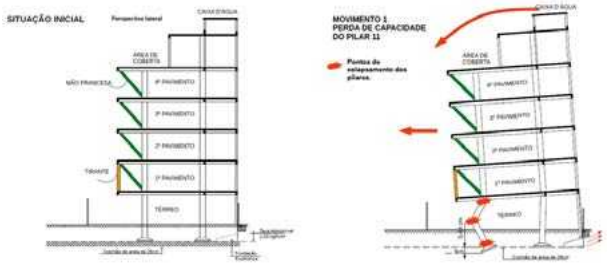


Figura 13. Ilustração do momento inicial da edificação, antes do desabamento, seguido pelo primeiro movimento da edificação durante o processo de desabamento.

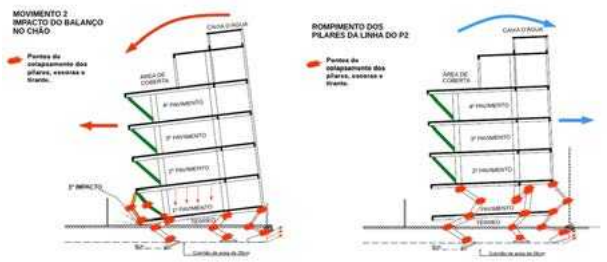


Figura 14. Ilustração do segundo movimento da edificação durante o processo de desabamento, seguido pelo rompimento dos pilares do primeiro pavimento.

O caso reforça a importância da atuação da Engenharia Forense na elucidação de eventos complexos, bem como seu papel fundamental na prevenção de desastres, na promoção da segurança estrutural e no suporte à justiça.

Por fim, destaca-se que a integração entre conhecimento técnico, fiscalização eficiente e conscientização social é essencial para mitigar riscos e garantir a segurança das edificações no contexto urbano brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao Sindicato dos Peritos Oficiais de Natureza Criminal do Ceará (Sindiperitos-CE) à Perícia Forense do Estado do Ceará (PEFOCE) pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

[2] ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122. Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro: ABNT. 2010. p.91.

[3] ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484. Solo-Sondagem de

simples reconhecimento com SPT- Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT. 2001. p.3.

[4] ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6489. Prova de carga direta sobre terreno de fundação. Rio de Janeiro: ABNT. 1984. p.1.

[5] ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7680. Prova de carga direta sobre terreno de fundação. Rio de Janeiro: ABNT. 1984. p.1.

[6] ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8036. Programação de sondagem de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT. 1983.p.3.

[7] ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13752/96. Perícias de engenharia na construção civil. Rio de Janeiro: ABNT. 1996. p.1.

[8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655. Concreto - Preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro, 2015.

[9] ALONSO, U.R. Previsão e Controle das Fundações. São Paulo: Edgard Blucher, 1991.

[10] CAPUTO, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações. 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC, v.2, 2012.

[11] CINTRA, J. C. A.; AOKI, N.; ALBIERO, J. H. Fundações diretas: projeto geotécnico. São Paulo: Oficina de Textos, 2011, 140 p.

[12] RESOLUÇÃO CONFEA nº 1.025, DE 30 DE OUTUBRO DE 2009. Dispõe sobre a Anotação de Responsabilidade Técnica – ART e o Acervo Técnico Profissional, e dá outras providências.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Inovação Pericial: Event Data Recorder (EDR) e a validação multidisciplinar da prova material em crime de trânsito na cidade de Goiânia – Relato de Caso

L. P. C. Costa[a*], C. F. Arantes[a], D. V. Almeida[a]

[a]Superintendência de Polícia Técnico-Científica, Goiânia (GO) ,Brasil
[*]Endereço de e-mail para correspondência: leticia.ccosta@goias.gov.br Tel.: +55-62998535167.

Palavras-chave: Event Data Recorder (EDR), Perícia de Crime de Trânsito, Inovação pericial, Validação de Evidências, Criminalística.

1. INTRODUÇÃO

Dados recentes do Ministério da Saúde (Datasus, 2025) indicam que o Brasil registrou quase 37.150 óbitos no trânsito em 2024, representando um aumento de 6,5% em relação a 2023, marcando a maior alta anual em mais de duas décadas e consolidando a violência viária como uma das principais causas de morte no país. Apesar das reformulações no Código de Trânsito Brasileiro (Brasil, 1997) entre 2012 e 2023, a taxa de mortalidade permanece elevada, evidenciando a insuficiência das estratégias de controle municipal, segurança veicular e fiscalização eletrônica na redução significativa de fatalidades e incapacidades (IPEA, 2026).

Em 2025, segundo dados do DETRANGO, o estado de Goiás registrou 908 óbitos, e a cidade de Goiânia registrou 148 óbitos decorrentes de sinistros de trânsito em seu perímetro urbano (Diário da Manhã, 2026). No cenário nacional, a violência no trânsito gerou um impacto econômico superior a R$ 50 bilhões, com um custo médio de aproximadamente R$ 16,8 milhões por fatalidade, predominantemente associado à perda de produção e despesas hospitalares. Cada sinistro de trânsito onera a sociedade em cerca de R$ 262.000, valor que se eleva para R$ 785.000 em ocorrências fatais, ressaltando o substancial ônus humano e financeiro (CNT, PRF, 2025).

No contexto da investigação técnico-científica, a atividade pericial assume um papel essencial na elucidação de crimes de trânsito, subsidiando a persecução penal e o processo judicial. A perícia de reconstrução de crimes de trânsito foca na apuração de delitos como homicídio culposo e lesão corporal culposa, conforme o Código de Trânsito Brasileiro (Brasil, 1997). Este processo envolve a materialização, análise e interpretação de vestígios na via, nos veículos e nas vítimas (exame perinecroscópico), permitindo reconstruir a dinâmica do evento, e, quando possível, determinar a causa técnica do sinistro (Aragão, 2016).

O laudo pericial, nesse contexto, é documento indispensável para instruir inquéritos policiais e subsidiar decisões judiciais (Prado, 2014). Cruz (2014) destaca que o trabalho pericial possui natureza *visum et repertum*, ou seja, ver e reportar, sendo o laudo instrumento essencial de comunicabilidade da prova material. As inovações tecnológicas possibilitam a implantação de medidas que aumentam a segurança viária. O desenvolvimento de dispositivos e o aprimoramento de algumas peças dos automóveis buscam diminuir a incidência de algumas das possíveis causas de sinistros de trânsito, tornando os automóveis mais seguros (Lopes, 2018).

Neste cenário, a inovação para a perícia oficial de natureza criminal no Brasil é fato indiscutível, não apenas como um fim em si mesma, mas como um instrumento estratégico de política pública para a melhoria da segurança pública e da administração da justiça (Campos, 2022). A gestão da inovação envolve a identificação de problemas, a busca por soluções tecnológicas e organizacionais, a implementação dessas inovações e a avaliação de seus resultados e impactos (Montezano *et al.*, 2023).

Como meio de elucidar os diversos tipos de crimes de trânsito, de forma mais precisa e confiável, bem como validar a prova material têm-se os *Event Data Recorders* (EDRs) que são fundamentais para aprimorar a perícia de crimes de trânsito, permitindo a reconstrução de eventos e a determinação de dinâmicas. Frequentemente associados ao *Airbag Control Module* (ACM), esses módulos veiculares registram dados vitais de colisão, como uso de cinto, acionamento de freios e rotação do veículo, por meio de sensores e armazenamento em memória não volátil (Lopes, 2018). A utilização de EDRs supera as limitações dos métodos periciais tradicionais, que são frequentemente demorados e imprecisos por dependerem de vestígios físicos. Ao fornecer dados objetivos pré-acidente, os EDRs otimizam a identificação de trajetórias, o cálculo de velocidades e a compreensão da dinâmica geral do sinistro (Lopes, 2018).

Os dados obtidos por meio de *Event Data Recorders* (EDR) representa uma evolução significativa na segurança viária e na reconstrução de sinistros, aliados ao conceito de *Machine Learning*, ou aprendizado de máquina, onde é possível permitir que os computadores "aprendam" e melhorem seu desempenho a partir de dados, em vez de serem programados com regras fixas. Enquanto o EDR atua como uma "caixa preta", capturando dados brutos de sensores em intervalos críticos, os algoritmos de *Machine Learning* permitem processar este volume massivo de dados para identificar padrões complexos que seriam invisíveis numa análise manual. Através de modelos de classificação e regressão, é possível não só reconstruir a dinâmica de uma colisão com maior precisão, mas também prever comportamentos de risco e falhas mecânicas antes que estas resultem em sinistros. Esta integração transforma dados passivos em inteligência preditiva, auxiliando o trabalho pericial na determinação da causa técnica de crimes de trânsito (Lopes, 2018).

2. OBJETIVOS

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo demonstrar por meio de um relato de caso, a investigação científica de um sinistro de trânsito, no ano de 2023, na cidade de Goiânia, o qual resultou em dois óbitos e analisar como a integração dos dados contidos no *Event Data Recorder* (EDR) reduz as incertezas na validação de vestígios materiais — como marcas pneumáticas e estimativa de velocidade de tráfego — durante a reconstrução técnica de sinistros de trânsito.

3. METODOLOGIA

A metodologia aplicada fundamenta-se na convergência de evidências e no rigor técnico, iniciando-se pela contextualização da ocorrência por meio da integração de fontes primárias e documentais. Essa base de dados preliminar é composta por oitivas com policiais militares e civis para levantamento do histórico imediato, além da análise do Registro de Atendimento Integrado (RAI), que permite identificar as versões iniciais dos condutores. Na fase de campo, adota-se o método de observação direta e análise de vestígios, garantindo-se inicialmente a integridade da cena através do isolamento, além do registro de possíveis alterações nos elementos materiais (Velho et al, 2013).

A materialização da cena é realizada por meio da técnica de medição por coordenadas cartesianas, utilizando trenas a laser e medidores manuais para registrar a posição exata de cada vestígio (Toresan et al, 2024). Esse levantamento é complementado por um registro fotográfico detalhado da via, das unidades veiculares e das vítimas. Para reforçar o rigor do estudo pericial, foi analisado vestígios digitais, processando imagens de câmeras de segurança que corroboram com os vestígios físicos e permitem o cálculo técnico da estimativa de velocidade momentos antes do impacto. Adicionalmente, vistorias realizadas pela engenharia forense nos sistemas de freio, aceleração e direção são conduzidas para descartar falhas prévias ao sinistro. O processo encerra-se com o confronto técnico de todos os elementos físicos, biológicos e digitais, com a análise de dados do *Event Data Recorder* (EDR) extraídos do relatório da Volvo, consolidando a dinâmica final do evento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este estudo apresenta uma análise aprofundada das abordagens técnicas empregadas na perícia criminal de um complexo sinistro de trânsito, em que a correlação entre as diversas fontes de evidências materiais foram fundamentais para a reconstrução precisa do evento. A investigação técnico-científica foi estruturada em múltiplas frentes, garantindo uma coleta e análise de dados abrangente o que garantiu maior confiabilidade as provas materiais.

O levantamento técnico-material do local foi realizado em 2023, em uma avenida na cidade de Goiânia-GO, uma via urbana com duas pistas e duas faixas de rolamento por sentido, caracterizada por um trecho de aclive seguido de declive acentuado (viaduto). A sinalização vertical indicava velocidade máxima permitida de 50 km/h.




Figuras 1 e 2. Vista do local do sinistro de trânsito e placa de velocidade permitida.

No local foram identificados cinco veículos como participantes, ora identificados como: V-1, V-2, V-3, V-4 e V-5. Cada veículo foi vistoriado quanto as avarias, a localização das sedes de impacto, as direções das forças atuantes e a presença de marcas de transferência de tinta. Foram materializados os principais vestígios na via como marca de pneu do tipo guinada provenientes de manobra com esterçamento abrupto do volante, impressas pelo pneu anterior esquerdo (marca mais escura) e pelo pneu posterior esquerdo de V-1 (utilitário), a marca mais à esquerda (mais clara) apresentava estrias internas sugestivas de processo de aceleração, marcas de sulcagens em pavimento asfáltico da faixa da esquerda (norte), delimitando o sítio físico de colisão entre as unidades veiculares: V-1 (utilitário) e V-3 (motocicleta), marca de arrasto de pneu, retilínea, com formato dos sulcos dos pneus, semelhante a marca de frenagem, impressas no pavimento asfáltico, pelos pneus direitos de V-1 (utilitário), na faixa da esquerda (norte), marcas de estrias impressas no pavimento asfáltico, decorrentes da desaceleração em deslizamento lateral de V-3 (motocicleta), com término na posição de repouso de V-3 (motocicleta), as estrias apresentavam-se em diferentes sentidos, direções e sobrepostas devido a participação de outra unidade veicular V-5 (motoneta), e devido aos outros impactos entre V-3 (motocicleta) e V-2 (utilitário), posição de imobilização final de V-3 (motocicleta), tombada sobre a lateral esquerda e posição de imobilização final de V-2 (utilitário) com setor anterior voltado para o oeste aproximado.




Figuras 3 e 4. Marca de pneu do tipo guinada.




Figuras 5 e 6. Marca de sulcagem: Sítio de colisão e posição de imobilização do veículo 3.




Figuras 7 e 8. Estrias e posição de imobilização do veículo 1.

Foi realizado o exame perinecroscópico nas vítimas fatais e constatado as principais lesões externas. Foram analisados diversos arquivos de vídeo provenientes de câmeras de segurança, encaminhados pela delegacia. Estas imagens permitiram a reconstituição da trajetória dos veículos e da sequência dos eventos, corroborando com os vestígios materializados no local. Em particular, as filmagens foram essenciais para a estimativa de velocidade do veículo V-1. Com base nas imagens de câmeras de segurança, estimou-se que a velocidade média de V-1 como sendo, "pelo menos 127,8 km/h" nos vídeos examinados, bem acima do limite regulamentado para a via.




Figuras 9 e 10. Análise das filmagens no momento da fase da aproximação e interação entre os veículos.




Figuras 11 e 12. Análise das filmagens no momento da fase de interação e separação entre os veículos.

Foram realizados exames complementares no veículo 1 pela seção de engenharia forense, o qual focou na verificação da integridade dos sistemas de freio, aceleração e direção. Concluiu-se que os danos observados eram consequência do sinistro e que não foram encontradas avarias pré-existentes que pudessem ter relação com o sinistro. Por fim, foram analisados e interpretados os dados EDR (*Event Data Record*) do veículo 1 da marca Volvo.

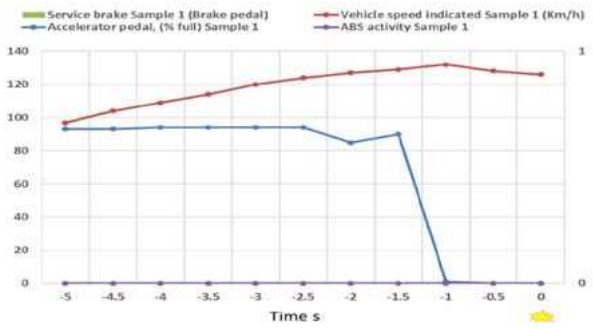


Figura 15: Report da Volvo: Calculated time of event 1 airborne (no airbag deployment): 2023-04-20 time 23:31:30.

A Volvo Cars foi solicitada para realizar a leitura dos dados armazenados nos módulos de controle do airbag de V-1 (I/VOLVO XC40 8 ULTIMATE). A leitura revelou informações essenciais sobre o comportamento do veículo nos momentos que antecederam e durante o impacto. Foi determinado que ambos os ocupantes dos assentos dianteiros estavam com os cintos de segurança travados. O módulo de controle de restrição detectou dois eventos classificados como "*airborne situations*," situações aéreas ou movimentos de voo, indicando que o veículo perdeu aderência com o pavimento, possivelmente devido a velocidade elevada sobre picos ou lombadas, o que é consistente com a conformação do viaduto da referida avenida (aclive seguido de declive acentuado). Estes eventos precederam a colisão. O EDR registrou que o veículo foi conduzido em alta velocidade, atingindo "até 148 km/h" no percurso registrado antes do impacto e que o pedal do acelerador foi totalmente pressionado até aproximadamente 3,5 segundos antes do impacto. Neste ponto, o controle eletrônico de estabilidade (ESC) começou a regular para evitar derrapagens devido a "movimentos muito fortes do volante" (esterçamento abrupto). Cerca de 2 segundos antes do impacto, o pedal do freio foi acionado, ativando o sistema ABS. O sistema de freios funcionou conforme projetado, mas não era fisicamente viável reduzir a velocidade do veículo de forma mais significativa no curto tempo disponível antes do impacto, dada a velocidade inicial. A Volvo concluiu que o veículo funcionou conforme projetado no sinistro. A integração dos dados obtidos em cada etapa do exame pericial permitiu uma reconstrução detalhada e robusta da dinâmica do sinistro. A correlação entre os vestígios materiais, as análises de vídeo e os dados do EDR da Volvo foram relevantes para validar as inferências e estabelecer as causas técnicas do sinistro.

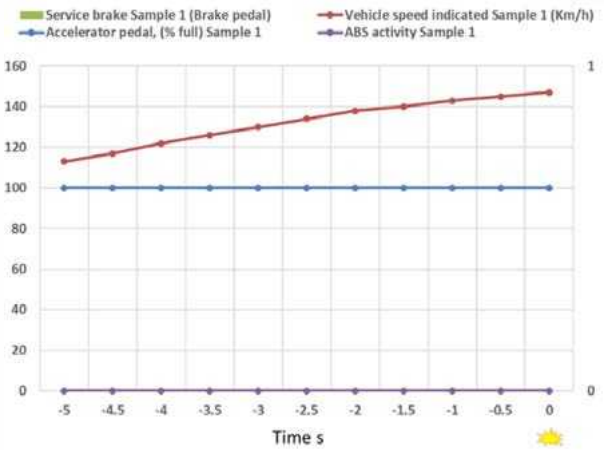


Figura 16: Report da Volvo: Calculated time of event 2 airborne (no airbag deployment): 2023-04-20 time 23:38:55

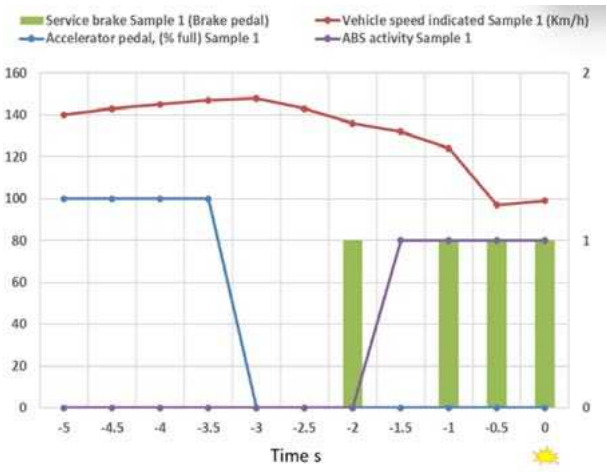


Figura 16: Report da Volvo: Calculated time of event 3 frontal crash (airbag deployment): 2023-04-20 time 23:38:59.

Assim foi possível validar os vestígios materializados no local pelos dados do EDR: o levantamento de local indicou que a velocidade máxima regulamentada e permitida para a via era de 50 km/h. A estimativa de velocidade do Laudo da Seção de Áudio Imagem, baseada em imagens, apontou para "pelo menos 127,8 km/h". Esta informação foi veementemente reforçada pelos dados do EDR da Volvo, que registrou "até 148 km/h" antes do impacto. Esta consistência entre diferentes métodos fortalece a conclusão de que V-1 trafegava em velocidade excessiva. Além disso, o EDR indicou que o controle eletrônico de estabilidade de V-1 foi ativado devido a "movimentos muito fortes do volante" e que o acelerador foi liberado cerca de 3,5 segundos antes. Esta informação é diretamente validada pelo vestígio materializado no local: "marcas de pneu do tipo guinada provenientes de manobra com esterçamento abrupto do volante". A presença de estrias internas nessas marcas também sugeriu processo de aceleração e posterior derrapagem, ratificando a ação inicial do acelerador e a subsequente intervenção do controle de estabilidade. O EDR revelou que o pedal do freio foi acionado 2 segundos antes do impacto, com regulação do ABS. Embora o ABS, por sua natureza, não imprima marcas de frenagem contínuas no pavimento, as "marcas de arrasto de pneu, retilíneas, com formato dos sulcos dos pneus, semelhante a marca de frenagem" observadas no local, são compatíveis com a ação de frenagem após a perda de controle inicial, demonstrando a tentativa de desaceleração. A conclusão da Volvo de que o sistema de freios funcionou conforme projetado vai ao encontro de ausência de falha mecânica pré-existente. A detecção de "*airborne situations*" pelo EDR, em que o veículo perdeu aderência com o pavimento, é diretamente explicada pela descrição topográfica da avenida no local do si-

nistro: "aclive acentuado seguido de declive acentuado, inclinação de 10° (viaduto sentido oeste/leste)". Este dado do EDR oferece uma perspectiva dinâmica interna do veículo, validando e complementando a observação da infraestrutura viária. A conclusão da Volvo de que o veículo funcionou conforme projetado e que o sistema de freios estava em ordem, junto à conclusão do Laudo de Perícia Criminal da Seção de Engenharia Forense de que não havia avarias pré-existentes nos sistemas de direção, freio e aceleração, é confirmada pela ausência de falhas mecânicas como causa principal do sinistro.

Desta forma, a análise conjunta permitiu a reconstrução da sequência de eventos: V-1 (utilitário), trafegando em alta velocidade (148 km/h, conforme EDR) no sentido oeste/leste da Avenida, perdeu o controle ao iniciar o declive do viaduto, invadindo a faixa de trânsito oposta. Em sua trajetória colidiu frontalmente com V-3 (motocicleta), que trafegava regularmente no sentido leste/oeste. A energia cinética envolvida na colisão de V-1 (2188kg a 148 km/h, resultando em 1.848.895 Joules) explica a complexidade e a severidade dos danos observados. Após o impacto inicial, os ocupantes de V-3 foram projetados em trajetória parabólica, imobilizando-se na via lateral norte. V-4 (automóvel), que trafegava na via lateral, teve contato com os corpos em movimento ou já imobilizados, resultando em perfis de manchas de sangue do tipo *cast-off* e manchas transferidas por contato. Simultaneamente, V-2 (utilitário) e V-5 (motoneta), também trafegando regularmente, foram atingidos ou envolvidos na sequência de colisões secundárias. V-1, por sua vez, seguiu sem controle até colidir com um poste metálico no canteiro central e imobilizar-se. A elevada energia cinética proveniente do impacto inicial entre V-1 e V-3 resultou em lesões fatais para os ocupantes da motocicleta, descritas nos laudos cadavéricos como politraumatismo. A análise da trajetória dos corpos corroborou a ocorrência de um *Fender vault trajectory*, onde os corpos são atingidos pelo setor angular anterior do veículo e projetados em parábola. As lesões e o movimento dos corpos foram responsáveis pela impregnação de manchas de sangue tipo *spatters* na defensa metálica e em V-4, cujas características (formatos elípticos e circulares) foram interpretadas para correlacionar o ângulo e a altura do impacto dos corpos com a superfície.

5. CONCLUSÃO

A integração das diversas abordagens técnicas — levantamento de vestígios no local, exames veiculares, perícia médico-legal das vítimas, análise de vídeo e, de forma preponderante, a interpretação dos dados do EDR do veículo Volvo — permitiu uma reconstrução metodologicamente robusta e cientificamente validada do sinistro de trânsito. Todos os vestígios materiais e as observações no local foram consistentemente corroborados pelos dados digitais, especialmente aqueles provenientes do EDR, que ofereceu uma visão interna e temporal precisa do comportamento do veículo V-1.

A causa técnica determinante do acidente foi a perda de controle do veículo V-1 (I/VOLVO XC40 8 ULTIMATE) devido ao excesso de velocidade (registrada em até 148 km/h), resultando na invasão da pista de sentido contrário e nas sucessivas colisões que culminaram nas fatalidades e lesões observadas. A ausência de falhas mecânicas pré-existentes em V-1, confirmada pela vistoria veicular e pelos dados do EDR, direciona a responsabilidade da dinâmica do sinistro para o comportamento do condutor.

Este relato de caso demonstra a sinergia entre as técnicas periciais tradicionais e as avançadas tecnologias de dados veiculares, fortalecendo a capacidade da criminalística em desvendar eventos complexos com elevado rigor científico. A abordagem multidisciplinar e a validação cruzada das evidências digitais e físicas foram importantes para a elucidação completa do sinistro, e, ainda reforça que a tecnologia não substitui o olhar do perito, mas o potencializa, garantindo que o laudo pericial cumpra seu papel fundamental de entregar uma verdade técnica inequívoca para o prosseguimento do inquérito policial e processo judicial.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Professor Doutor Wilson Toresan Júnior e ao perito criminal Northon Didyk pelo suporte técnico à viabilização desta pesquisa. Um agradecimento especial é devido ao Delegado de Polícia Civil Hellyton Carlos Miranda de Carvalho e a *Volvo Cars* pela colaboração interinstitucional durante as etapas de investigação criminal. Este estudo contou com o respaldo institucional da Polícia Científica de Goiás, cujos quadros de especialistas em reconstrução de sinistros de trânsito elevam o rigor metodológico da perícia oficial de natureza criminal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO, R. F. Acidentes de trânsito: análise da prova pericial. 6. ed. Campinas, SP: Millennium Editora, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS. Dados Consolidados de Óbitos no Trânsito Brasileiro, 2025.

BRASIL. Lei n. 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 24 set. 1997.

CAMPOS, J. P. Análise criminal como ferramenta de reformulação da perícia criminal. Revista Brasileira de Criminalística, v. 11, n. 1, p. 29-36, 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT); POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL (PRF). Impacto econômico da violência no trânsito no Brasil. Brasília: CNT, 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT); INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Custos sociais dos acidentes de trânsito no Brasil. Brasília: CNT, 2025.

CRUZ, F. Análise do tempo de entrega de laudos periciais em atendimentos de locais de crime pelo Instituto de Criminalística de Curitiba. 2014. Tese (Doutorado em Estatística). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

DIÁRIO DA MANHÃ. Acidentes de trânsito mataram 148 pessoas em Goiânia em 2025. Disponível em: www.dm.com.br. Acesso em: 16 abril 2026.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Mortalidade no trânsito, desenvolvimento econômico e desigualdades regionais no Brasil. Disponível em: www.ipea.gov.br. Acesso em: 16 abril 2026.

LOPES, Gabriela da Silva. Caixa Preta para Veículos Automotivos. 2018. 117 p. Monografia (Graduação em Engenharia da Computação) – Departamento de Ciência da Computação, Instituto de Ciências Exatas, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

MONTEZANO, L.; ALBUQUERQUE, T. M. M. de; MEDEIROS, J. A. D. M.; BARBOSA, S. de O. Ambiente e resultados de uma inovação tecnológica forense premiada na Polícia Federal. Revista Brasileira de Ciências Policiais, Brasília, v. 14, n. 11, p. 41-70, jan.-abr. 2023.

PRADO, L. F. Perícia Criminal: a efetividade do laudo pericial no inquérito policial. 2014. TCC (Curso de Especialização em Segurança Pública e Justiça Criminal). Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, Minas Gerais.

Toresan Jr., Wilson e Didyk, Nortthon. Reconstrução de Colisões Veiculares. Editora ICF – Instituto de Ciências Forenses LTDA – ME, 1ª edição, 2024.

VELHO, L. L. et al. Locais de crime: preservação, análise e interpretação. 2. ed. São Paulo: Método, 2013.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Retroanálise geotécnica como ferramenta pericial na determinação das causas de acidente por ruptura de talude em pedreira

M. S. Carretta[a*], A. T. Espirito Santo[a], P. R. O. Frank[b]

[a]*Departamento de Perícias do Interior, Instituto-Geral de Perícias, Santa Cruz do Sul (RS), Brasil*
[b]*Departamento de Criminalística, Instituto-Geral de Perícias, Porto Alegre (RS), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: mariana-carretta@igp.rs.gov.br. Tel.: +55-51-99807-1981.*

Palavras-chave: Acidente de trabalho; engenharia forense; estabilidade de taludes; geotecnia; retroanálise

1. INTRODUÇÃO

Acidentes fatais em operações de mineração e escavação a céu aberto frequentemente envolvem a interação de fatores mecânicos, geotécnicos e operacionais, demandando da perícia criminal abordagens capazes de ultrapassar a simples descrição do evento e alcançar a determinação técnico-causal. Nesses casos, hipóteses aparentemente intuitivas sobre a dinâmica do acidente precisam ser convertidas em comprovação científica robusta, especialmente quando se busca demonstrar se determinada condição operacional foi efetivamente decisiva para o resultado fatal.

Assim, a mera constatação da existência de uma condição de risco não se mostra suficiente sob o ponto de vista pericial, sendo necessária a demonstração objetiva do nexo causal entre a condição operacional identificada e a ocorrência do evento.

A engenharia geotécnica aplicada à criminalística apresenta relevante potencial técnico ao possibilitar a reconstrução das condições pretéritas de estabilidade de maciços em cenários nos quais ocorreu a ruptura. A análise da estabilidade de taludes, tema amplamente consolidado nas áreas de engenharia civil e de minas, assume papel fundamental em atividades de escavação, especialmente em situações envolvendo sobrecargas, modificações geométricas e influência hídrica, fatores de elevada sensibilidade técnica frequentemente relacionados à ocorrência de acidentes graves [1][2].

Como demonstração dessa aplicação, o presente trabalho utiliza técnicas de estabilidade de taludes na retroanálise geotécnica a fim de investigar um acidente fatal ocorrido em pedreira de britagem, no qual uma escavadeira hidráulica tombou após a ruptura do substrato no qual se apoiava. Embora a presença do equipamento próximo à borda da escavação sugerisse risco evidente, o desafio pericial consistiu em demonstrar tecnicamente que a sobrecarga induzida pelo seu posicionamento foi o fator determinante para o deslizamento do maciço, tombamento da máquina e consequente submersão da cabine, causando o óbito do operador, em um contexto pericial caracterizado como acidente de trabalho.

2. ESTABILIDADE DE TALUDES

A estabilidade de taludes constitui tema relevante à engenharia geotécnica, sendo definida pela relação entre as forças resistentes e as forças solicitantes atuantes em um maciço de solo ou rocha. A condição de equilíbrio é expressa por meio do fator de segurança (FS), definido como a razão entre a resistência ao cisalhamento disponível e a tensão cisalhante mobilizada ao longo de uma superfície potencial de ruptura.

De acordo com a mecânica dos solos clássica, a ruptura ocorre quando o fator de segurança atinge o valor unitário (FS = 1), situação na qual as forças resistentes são integralmente mobilizadas (pois se igualam às forças mobilizadas). Condições de FS superiores a 1 representam a estabilidade do talude, uma vez que as

forças resistentes superam as mobilizadas, enquanto valores inferiores indicam inevitável colapso do maciço [1]. Nesse âmbito, a ruptura pode ser compreendida como o estágio mais significativo do movimento de massa, caracterizado pela formação de uma superfície de ruptura bem definida, a partir da qual ocorre a mobilização/deslocamento do maciço [3].

A resistência ao cisalhamento dos materiais geotécnicos é descrita, de forma simplificada, pelo critério de Mohr-Coulomb, sendo dada em função dos parâmetros de coesão e ângulo de atrito interno, além das tensões efetivas atuantes. Dessa forma, a estabilidade de um talude depende diretamente da geometria da escavação, das propriedades mecânicas do material, da presença de água e da existência de sobrecargas externas.

Entre os principais fatores que influenciam a instabilidade de taludes, destacam-se:

- aumento do carregamento na crista;
- redução da resistência do material (intemperismo, saturação);
- alterações na geometria;
- presença de descontinuidades do perfil geotécnico.

No contexto de mineração e escavações a céu aberto, tais fatores frequentemente coexistem, tornando a análise de estabilidade essencial para a prevenção de acidentes. Além disso, é possível que processos de ruptura raramente ocorram de forma instantânea, sendo usualmente precedidos por mecanismos progressivos de degradação de resistência do maciço [4]. As operações de lavra, em que há tráfego repetitivo de escavadeiras e caminhões, com ciclos contínuos de escavação, carregamento e descarga, contribuem para a indução de vibrações, redistribuição de tensões e perturbação do maciço, podendo acelerar a evolução desses mecanismos e favorecer a perda de estabilidade.

Dentre os métodos empregados na análise de estabilidade de taludes na engenharia geotécnica, os métodos de equilíbrio-limite destacam-se como ferramentas amplamente consolidadas para avaliação de condições de instabilidade, uma vez que se fundamentam na verificação do equilíbrio mecânico de uma massa potencialmente mobilizável ao longo de uma superfície de ruptura previamente definida ou calculada [5]. Nesse contexto, o Método de Bishop Simplificado apresenta elevada aplicabilidade prática, especialmente em análises de ruptura rotacional, por considerar o equilíbrio de momentos atuantes sobre um maciço subdividido em fatias verticais, avaliando as forças resistentes e solicitantes incidentes em cada elemento discretizado [2].

Para a execução computacional dessas análises, softwares geotécnicos como o GeoStudio [6], por meio do módulo Slope/W, permitem a modelagem da geometria do talude, definição dos parâmetros geomecânicos dos materiais e determinação da superfície crítica de ruptura, possibilitando o cálculo do fator de segurança sob diferentes condições de geometria, carregamento e cenários operacionais.

2.1. Retroanálise geotécnica

A ruptura de um talude ocorre quando as tensões cisalhantes atuantes ao longo de uma superfície potencial de deslizamento superam a resistência ao cisalhamento mobilizada pelo maciço. Nessa condição, o sistema atinge o estado limite de equilíbrio, caracterizado por um fator de segurança unitário (FS = 1), o que representa o limiar de instabilidade. Em termos de projeto e segurança, ressalta-se que a normativa brasileira, NBR 11682:2009 [7] estabelece fatores de segurança mínimos superiores à unidade, usualmente da ordem de FS ≥ 1,20 para condições envolvendo risco à vida humana, de modo a garantir margens adequadas de estabilidade. Dessa forma, ressalta-se que a condição de FS = 1 não representa uma condição de segurança, mas sim o limiar de colapso do maciço.

Em situações nas quais a ruptura já ocorreu, como no presente caso, torna-se necessária a adoção de métodos capazes de reconstruir o cenário imediatamente anterior ao colapso. Nesse contexto, a retroanálise geotécnica apresenta-se como a abordagem mais adequada, pois consiste na modelagem do maciço em condição pré-ruptura, com ajuste da geometria, das propriedades geomecânicas e das condições de carregamento, de modo a reproduzir a instabilidade observada [8].

A partir da definição da geometria do talude, da caracterização do perfil geotécnico e da aplicação de cargas e sobrecargas atuantes, torna-se possível não apenas reproduzir a condição de ruptura, mas também avaliar comparativamente cenários distintos de estabilidade. Essa abordagem permite determinar, de forma objetiva, a influência de variáveis específicas, incluindo a presença de sobrecargas operacionais na redução do fator de segurança e na deflagração do movimento de massa.

Dessa forma, a retroanálise geotécnica viabiliza a identificação da causa material da ruptura, convertendo a interpretação dos vestígios em uma demonstração quantitativa e tecnicamente fundamentada. No âmbito pericial, esse procedimento representa um avanço significativo, ao permitir a comprovação do nexo causal entre condições operacionais e ocorrência do acidente, com base em critérios reprodutíveis e cientificamente validados.

3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização do evento e do local

O presente estudo se baseia em levantamento pericial, em um caso real de acidente de trabalho, realizado em uma pedreira de britagem de rocha basáltica no Rio Grande do Sul, no qual uma escavadeira hidráulica tombou lateralmente em uma área parcialmente inundada, resultando na submersão da cabine e óbito do operador. A Fig. 1 apresenta o local ora relatado, no momento do levantamento pericial.



Figura 1. Vista geral do acidente com escavadeira

O maciço rochoso que caracterizava o subsolo local era constituído por fragmentos de rocha soltos e/ou levemente compactados, com presença de lâmina d'água de aproximadamente 2,30 metros de profundidade. No levantamento de local, foram identificados vestígios relevantes para o desenvolvimento da perícia, incluindo trilhas de roda da escavadeira sobre a crista do talude e indícios da provável superfície de ruptura do maciço. Essas características foram possíveis de serem visualizadas a partir da análise fotogramétrica por drone, apresentada na Fig. 2.

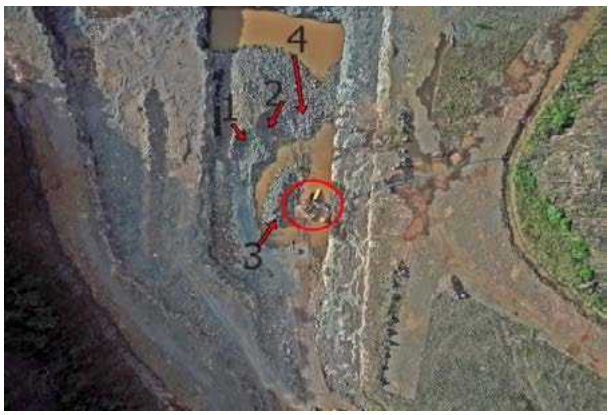


Figura 2. Vista superior do acidente com escavadeira obtida com identificação das regiões de escavação (1 e 2), área de deposição (3) e trilha da escavadeira (4), utilizadas como base para a reconstrução geométrica e análise pericial.

3.2. Levantamento e aquisição de dados

O levantamento pericial de campo foi conduzido de forma integrada, contemplando a caracterização geométrica do maciço responsável pela formação do talude, bem como inspeções realizadas antes e após a drenagem da área atingida. A análise incluiu a determinação do nível d'água existente no momento do acidente, o reconhecimento das condições geológicas locais e a identificação das características geotécnicas do material constituinte do solo, visando à adequada compreensão dos mecanismos envolvidos na ruptura.

A partir dos vestígios materiais observados no local (Fig. 3 e Fig. 4), procedeu-se à reconstrução geométrica da seção crítica do talude e à modelagem computacional por retroanálise geotécnica, considerando dois cenários distintos: a condição natural do maciço, sem atuação de sobrecarga externa, e a condição submetida à sobrecarga operacional decorrente do deslocamento da escavadeira hidráulica em trajetória compatível com os elementos periciais identificados. Tal metodologia permitiu avaliar comparativamente o comportamento do fator de segurança do talude e verificar a influência direta da carga operacional na perda de estabilidade do maciço.



Figura 3. Trilha de roda formada no local



Figura 4. Vista aérea indicativa da provável seção de ruptura

3.3. Reconstrução geométrica do talude

A geometria do talude foi reconstruída a partir da integração dos vestígios observados, incluindo trilhas da escavadeira, limites do maciço e superfície de ruptura.

Com base nesses elementos, definiu-se uma seção representativa da região crítica, a partir da qual se elaborou o modelo geométrico simplificado, contemplando as principais características do perfil, na qual foram levantados em campo:

- altura e extensão dos maciços;
- largura de área livre da borda inundada;
- inclinação média do talude;
- posição da escavadeira antes da ruptura.

Destaca-se que, para fins de análise de estabilidade, apenas as regiões 3 e 4 (ilustradas na Fig. 2)— correspondentes ao material depositado e ao maciço basal onde se desenvolveu a ruptura — foram considerados geotecnicamente relevantes para a causa do evento. As demais regiões foram mantidas apenas para contextualização do cenário, não influenciando diretamente o comportamento do talude. Tal abordagem é coerente com o mecanismo de ruptura identificado em campo, que se desenvolve predominantemente no maciço correspondente à região 4.

O modelo geométrico resultante foi simplificado de forma a representar adequadamente as condições reais para a análise, tendo sido obtido o perfil de seção, representado na Fig. 5.

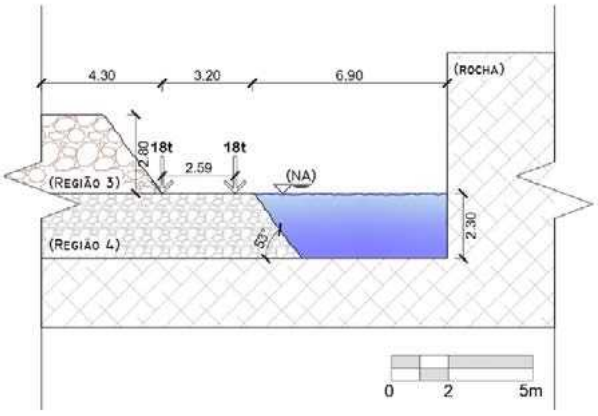


Figura 5. Seção geométrica do talude utilizada na modelagem de estabilidade

3.4. Modelagem e análises de estabilidade

Para a modelagem e análise de estabilidade, os parâmetros geotécnicos foram definidos, adotando-se condições favoráveis à estabilidade do maciço, de modo a configurar uma modelagem conservadora. Essa abordagem busca evitar a superestimação da instabilidade, utilizando parâmetros de resistência elevados e cenários que maximizam o fator de segurança. Assim, a ocorrência de ruptura mesmo sob tais condições indica que o colapso não decorre de premissas críticas de modelagem, mas da própria configuração do sistema, reforçando a evidência do nexo causal.

Foram adotados, portanto, parâmetros geotécnicos com base em literatura consagrada [1] e [5], considerando-se, para a camada superficial (região 3), ângulo de atrito interno (φ) igual a 35° e peso específico natural (γ) igual a 18 kN/m³, e, para o maciço basal (região 4), $\varphi = 47°$ e $\gamma = 20$ kN/m³. O ângulo de atrito interno representa a resistência ao cisalhamento do material decorrente do atrito entre as partículas do solo, enquanto o peso específico corresponde ao peso do material por unidade de volume, influenciando diretamente nas tensões atuantes no maciço.

A análise de estabilidade foi realizada utilizando o software Slope/W (GeoStudio 2023), com aplicação do método de equilíbrio-limite de Bishop Simplificado, permitindo a determinação da superfície crítica de ruptura e do fator de segurança em diferentes condições de carregamento.

Foram considerados dois cenários de análise: (i) condição natural do talude, sem a presença de sobrecarga e (ii) condição com sobrecarga oriunda da escavadeira, posicionada de forma compatível com os vestígios identificados em campo. Para a modelagem da carga, considerou-se a distribuição de 36 toneladas sobre as esteiras, equivalentes a 18 toneladas por apoio, com espaçamento de 2,59 m entre eixos (conforme especificações técnicas do fabricante [9]).

4. RESULTADOS

As análises de estabilidade foram realizadas a partir da reconstrução da geometria do talude em sua condição pré-ruptura. Para a avaliação, consideraram-se dois cenários distintos: (i) condição natural, sem a atuação de sobrecargas externas, e (ii) condição com a presença de sobrecarga associada à escavadeira posicionada na crista do talude. A partir dessas hipóteses, foram obtidos, por meio de modelagem computacional, os resultados referentes aos respectivos fatores de segurança, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Fatores de Segurança a partir das análises de estabilidade

Cenário	Condição analisada	Fator de segurança (FS)	Interpretação geotécnica
Situação (i)	Sem sobrecarga (natural)	1,19	Condição estável em termos mecânicos, porém inferior ao mínimo normativo [7] (FS ≥ 1,20)
Situação (ii)	Com sobrecarga da escavadeira	0,57	Condição de ruptura, com mobilização da superfície crítica

Assim, para a condição sem sobrecarga, obteve-se fator de segurança FS = 1,19, indicando estabilidade em termos estritamente mecânicos. Contudo, ressalta-se que esse valor se encontra abaixo do mínimo recomendado pela NBR 11682 [7] para situações que envolvem risco à vida humana (FS ≥ 1,20), evidenciando que o talude já operava em condição de segurança inadequada.

Com a inclusão da sobrecarga decorrente da presença da escavadeira na crista, houve redução relevante do fator de segurança para FS = 0,57, caracterizando ruptura do maciço. Assim, verifica-se que a atuação da carga operacional agravou uma situação já crítica, promovendo a perda de estabilidade e desencadeando o deslizamento que resultou no tombamento da máquina.

A comparação entre os cenários evidencia que a sobrecarga aplicada pelo equipamento foi determinante para a perda de estabilidade do talude, ocasionando o deslizamento do maciço e o consequente tombamento da escavadeira. Considerando a profundidade da lâmina d'água medida em campo (~2,30 m), é plausível conjecturar que após o tombamento, houve a submersão total da cabine da escavadeira.

5. CONCLUSÕES

A partir da realização desta análise, foi possível transformar uma hipótese intuitiva, isto é, o deslizamento do subsolo em função da sobrecarga da escavadeira, em comprovação técnica objetiva. Os resultados obtidos evidenciam não apenas a instabilidade do talude, mas, sobretudo, demonstram a elevada aplicabilidade da retroanálise geotécnica como ferramenta técnico-científica na perícia criminal. Utilizando da modelagem desenvolvida, foi possível transcender a percepção empírica do risco associado à operação do maquinário, convertendo uma hipótese inicialmente intuitiva em uma demonstração quantitativa, objetiva e tecnicamente validada da causa do acidente. Nesse sentido, a metodologia aplicada permitiu estabelecer, de forma inequívoca, o nexo causal entre a sobrecarga da escavadeira e a ruptura do maciço, fundamentando a conclusão pericial em bases reproduzíveis e cientificamente consistentes.

A transposição de ferramentas consolidadas da engenharia geotécnica para o contexto da criminalística configura um avanço significativo, ao viabilizar a reconstrução de cenários pretéritos e a análise técnica de eventos complexos com elevado grau de precisão. A robustez do método decorre da convergência entre os resultados da modelagem, os vestígios físicos observados em campo e a superfície real de ruptura identificada, assegurando coerência entre teoria e evidência material.

Nesse contexto, a retroanálise geotécnica não apenas contribui para a interpretação dos fatos, mas se estabelece como instrumento de prova técnica, capaz de sustentar conclusões periciais com elevado grau de confiabilidade. Sua aplicação promove o fortalecimento da fundamentação científica das perícias, reduz subjetividades e amplia a capacidade de demonstração causal em investigações que envolvem instabilidade de maciços.

Conclui-se, portanto, que a retroanálise geotécnica constitui ferramenta eficaz e relevante para a criminalística em acidentes de trabalho complexos, ao integrar engenharia forense, modelagem computacional e análise de vestígios em um único arcabouço metodológico. Além de conferir maior rigor técnico às conclusões, a abordagem apresenta potencial de padronização em casos semelhantes envolvendo mineração, obras de terra e eventos geotécnicos, contribuindo diretamente para a evolução da prática pericial baseada em evidência científica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto-Geral de Perícias do Rio Grande do Sul e à 10ª Coordenadoria Regional de Perícias de Santa Cruz do Sul pelo suporte institucional à realização dos exames periciais que fundamentaram este estudo, bem como a toda equipe técnica envolvida na coleta de dados e levantamento pericial de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] GERSCOVICH, D. M. S. Estabilidade de taludes. São Paulo: Oficina de Textos (2012).

[2] DUNCAN, J. M.; WRIGHT, S. G. Soil strength and slope stability. New York: John Wiley & Sons (2005).

[3] HUNGR, O.; LEROUEIL, S.; PICARELLI, L. The Varnes classification of landslide types, an update. Landslides (2014).

[4] A. Q. Paula. Retroanálise do registro de um sistema de monitoramento microssísmico de uma ruptura de talude de mina. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Ouro Preto (2020).

[5] FERNANDES, M. M. Mecânica dos solos: introdução à engenharia geotécnica. Vol. 2. São Paulo: Oficina de Textos (2014).

[6] SEEQUENT. GeoStudio – Geotechnical analysis software. Versão 23.1.2.11 (GeoStudio 2023). Bentley Systems (2023).

[7] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11682 – Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro (2009).

[8] M. R. Oliveira. Método de retroanálise de parâmetros de resistência ao cisalhamento em taludes. *Dissertação de Mestrado*, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás (2024).

[9] John Deere. Série G Escavadeira, 350G LC ME. Especificações técnicas do fabricante. Retirado em 26/05/2026, de https://www.deere.com.br/assets/pdfs/common/products/sync/escavadeira-350glc-me-cpc00045.pdf

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Aplicação de aerofotogrametria com drone na determinação de ângulos de derrapagem e reconstrução de dinâmica veicular: estudo de caso pericial

J. G. Silva Neto[a*], B. P. Neves[a], M. N. Silva[a]

[a]*Núcleo de Criminalística, Regional de Caicó, Polícia Científica do Rio Grande do Norte, Caicó (RN), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: netogermano@hotmail.com. e brunopessoa@pci.rn.gov.br Tel.: +55 (81)9.9674-1397*

Palavras-chave: Aerofotogrametria; reconstrução de acidentes; rototranslação; dinâmica veicular; drone.

1. INTRODUÇÃO

A análise de acidentes de trânsito com perda de controle direcional frequentemente envolve a interpretação de vestígios complexos, como marcas de pneumáticos com variação angular, trajetórias não lineares e eventos dinâmicos combinados, como rototranslação e capotamento [1].

Nos casos de rototranslação, o veículo apresenta, ao mesmo tempo, um movimento de translação do centro de gravidade e uma rotação em relação ao eixo vertical. Trata-se de um fenômeno com características que, apesar de algumas semelhanças, diferenciam-se tanto do movimento de frenagem, quanto do movimento de guinada [2].

Ao longo do movimento, a determinação dos ângulos de derrapagem e do deslocamento do centro de gravidade do veículo constitui fator crítico para aplicação de metodologias físicas de reconstrução, como aquelas baseadas na dissipação de energia cinética [1,2].

Tradicionalmente, esse tipo de levantamento apresenta limitações operacionais relevantes, especialmente em locais extensos, com geometria complexa ou com grande dispersão de vestígios.

Para a análise da dinâmica veicular, utiliza-se frequentemente a metodologia de Daily, baseada na estimativa da velocidade a partir da energia cinética dissipada ao longo da trajetória, considerando a variação do fator de arrasto em função do ângulo de derrapagem. Sua aplicação exige a discretização do movimento em intervalos e a determinação dos ângulos e distâncias percorridas, parâmetros cuja obtenção confiável constitui um dos principais desafios operacionais na perícia de trânsito [2].

Nesse contexto, o uso de aeronaves remotamente pilotadas (drones) associado à modelagem fotogramétrica surge como ferramenta promissora. O processamento digital de imagens constitui ferramenta relevante na análise de informações visuais, permitindo a extração e interpretação de dados a partir de registros fotográficos, com identificação de padrões e análise geométrica do cenário representado [3]. Este processamento permite a elaboração de ortomosaicos georreferenciados. O ortomosaico consiste em uma imagem composta a partir de múltiplas fotografias submetidas à ortorretificação fotogramétrica, resultando em representação contínua com correção das distorções geométricas e preservação das relações espaciais do terreno. Trata-se de produto cartográfico que permite medições em escala e análise integrada dos vestígios distribuídos no local [4].

Estudos recentes já demonstraram a viabilidade da utilização de drones, inclusive de baixo custo, em levantamentos periciais, evidenciando ganhos de eficiência e qualidade na coleta de dados [5].

Como alternativa à aerofotogrametria empregada neste caso, pode-se recorrer tanto à realização de medições diretas em campo, quanto ao uso de técnicas de levantamento tridimensional com scanners a laser [6]. Enquanto a primeira abordagem pode se tornar operacionalmente extenuante em cenários mais complexos, a segunda permite reconstrução detalhada da

cena, porém depende de equipamentos especializados com maior complexidade operacional e de elevado custo, o que pode restringir sua aplicação rotineira em diversos institutos de criminalística.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um caso de aplicação prática da aerofotogrametria na obtenção de parâmetros geométricos essenciais à reconstrução da dinâmica de um acidente de trânsito, com ênfase na determinação dos ângulos de derrapagem durante movimento de rototranslação.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho difere de abordagens anteriores que focaram na comparação entre medições convencionais e fotogramétricas [5], avançando no sentido da utilização dos produtos aerofotogramétricos como base para modelagem física da dinâmica do acidente.

O levantamento pericial referente ao caso em análise foi realizado em rodovia estadual, em trecho rural, por meio de técnicas convencionais de observação direta associadas à realização de medições no local e ao uso de aeronave remotamente pilotada.

Foi executado levantamento aerofotogramétrico da área do sinistro, com posterior processamento das imagens para geração de um ortomosaico georreferenciado.

Destacam-se, na fase do levantamento aerofotogramétrico, os seguintes aspectos:

- posicionamento de cones equidistantes a cada 20 m, utilizados como referência para controle de escala e verificação da qualidade geométrica do ortomosaico;
- posicionamento de plaquetas ao longo das marcas de pneumáticos, com a finalidade de facilitar sua identificação nas imagens aéreas;
- realização de registros aerofotográficos com tomadas predominantemente perpendiculares ao plano da via, com sobreposição aproximada de um terço entre imagens consecutivas [5], a uma altura de voo aproximada de 20 m, utilizando drone DJI Mini 2;

O processamento das imagens foi realizado no software Agisoft Metashape, que executa processamento fotogramétrico de imagens digitais para geração de dados espaciais tridimensionais, incluindo nuvens de pontos densas, modelos de superfície e ortomosaicos georreferenciados [7]. De forma simplificada, o processamento fotogramétrico combina imagens sobrepostas, permitindo a reconstrução da cena e a geração de um ortomosaico com correção geométrica, que se comporta como um mapa da área analisada. (Figura 3).

O ortomosaico gerado foi exportado para ambiente CAD (Computer-Aided Design – Desenho Assistido por Computador), no qual foi realizada a verificação da consistência métrica por meio da medição das distâncias entre os cones previamente posicionados no local. Com base nessa comparação, foi aplicado fator de escala para correção de eventuais discrepâncias (Figura 5).

Com o ortomosaico em ambiente CAD e com as correções de escala realizadas, foram executadas as seguintes etapas:

- Vetorização das marcas de pneumáticos;
- Identificação e individualização das trajetórias associadas a cada roda do veículo;
- Construção de desenho técnico em escala em ambiente CAD;
- Posicionamento do gabarito do veículo com base em suas dimensões de fábrica (bitolas e entre-eixos);
- Determinação do deslocamento do centro de gravidade ao longo da trajetória;
- Discretização do movimento em intervalos sucessivos para aplicação do método de Daily;
- Determinação dos ângulos de derrapagem e dos fatores de arrasto efetivos em cada intervalo;
- Aplicação dos parâmetros obtidos para o cálculo da velocidade por meio da equação do fator de arrasto (Eq. 1) e das equações de dissipação de energia (Eqs. 2 e 3).

No presente estudo, a obtenção desses parâmetros foi realizada a partir da vetorização das marcas de pneumáticos sobre ortomosaico georreferenciado, permitindo a definição das trajetórias associadas a cada roda do veículo e o posicionamento do gabarito conforme suas dimensões de fábrica (Figura 7). A partir dessa modelagem, foram determinados os ângulos de derrapagem em cada trecho da trajetória, possibilitando o cálculo do fator de arrasto efetivo e, consequentemente, da energia cinética dissipada ao longo do movimento.

Para a análise do movimento de rototranslação, foi empregado o método proposto por Daily [2], no qual a dissipação de energia cinética é avaliada ao longo da trajetória, considerando a variação do fator de arrasto em função do ângulo de derrapagem mediante aplicação das equações 1 a 3.

Para cada trecho da trajetória, determina-se um fator de arrasto efetivo específico, associado à desaceleração do veículo naquele intervalo

$$f_a = f_r + (\mu - f_r)|sen\,\beta| \pm e \quad (1)$$

onde:

- f_a é o fator de arrasto (adimensional)
- f_r é a resistência ao rolamento entre os pneus e o pavimento (adimensional);
- μ é o coeficiente de atrito disponível entre os pneus e o pavimento (adimensional);
- β é o ângulo de derrapagem do veículo (graus ou radianos);
- e corresponde à taxa de inclinação da pista na direção do movimento (em decimal).

De posse do fator de arrasto determinado para cada trecho e da respectiva distância percorrida pelo centro de gravidade, é possível calcular a energia dissipada em cada setor. Posteriormente, mediante o somatório dos valores obtidos, determina-se a energia dissipada ao longo de todo o movimento, conforme as Eq. 2 e 3.

$$VEEC_i = \sqrt{2gf_{ai}d_i} \quad (2)$$

$$VEEC_{EQ}^2 = \sum_{i=1}^{n} VEEC_i^2 \quad (3)$$

Onde:

- $VEEC_i$ é a velocidade equivalente a energia cinética dissipada no trecho "i" em m/s;
- g é a aceleração da gravidade em m/s²;
- f_{ai} é o fator de arrasto no trecho "i" (adimensional);
- d_i é a distância do trecho "i" em m;

A aplicação adequada do método, portanto, depende diretamente da determinação dos ângulos e distâncias de derrapagem ao longo da trajetória. Parâmetros que, na prática pericial, constituem uma das maiores dificuldades operacionais, especialmente em trajetórias extensas ou com geometria complexa. O ortomosaico gerado permite então o posicionamento do veículo ao longo da trajetória e o acompanhamento do ângulo ao longo do movimento.



Figura 1. Fluxo da metodologia.

3. DESCRIÇÃO DO CASO

O caso analisado diz respeito a um sinistro envolvendo um veículo Volkswagen Golf. Ocorreu em rodovia estadual de pista simples, em trecho de curva à direita com desenvolvimento em declive, desenvolvimento em declive, dotado de sinalização regulamentadora de velocidade máxima correspondente a 60 km/h.



Figura 2. Tomada geral do local, cones posicionados a cada 20 m e marcas de pneumáticos sobre o pavimento.

Foram identificadas marcas de pneumáticos com desenvolvimento curvo e inclinado em relação ao eixo da via, iniciando-se na faixa de rolamento direita e se estendendo transversalmente até a margem oposta, com comprimentos variando entre aproximadamente 32 m (roda dianteira esquerda - linha cor de rosa na Figura 6) e 44,5 m (roda dianteira direita - linha verde na Figura 6).

Após a saída da via, foram observados vestígios compatíveis com capotamento, incluindo supressão de vegetação e deposição de fragmentos ao longo de aproximadamente 59 m, culminando com a posição final do veículo fora da pista

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO

Ao todo, foram efetuadas 81 fotografias aéreas, de resolução 4000 por 3000 pixels, em formato .JPG, de 5,1 MB cada, utilizadas na geração do ortomosaico após o processamento das imagens por meio do software Agisoft Metashape. O ortomosaico resultante encontra-se apresentado na Figura 3, na qual foi possível identificar as marcas de pneumáticos.

Na região em que foram observadas as marcas de rototranslação, foram posicionados 4 cones sobre o eixo da via (C1 a C4), sendo medida, no local, por meio de trena de lona, distância de 20,00 m entre eles. Após a exportação da imagem do ortomosaico para ambiente CAD e aplicação do fator de escala, as distâncias obtidas via software mostraram-se muito próximas daquelas medidas no local (ver Tabela 1).

Tabela 1. Comparativo entre medições no local e medições no CAD.

Cones	Medição realizada no local (m)	Medição realizada em ambiente CAD (m)
C1-C2	20,00	20,00
C2-C3	20,00	19,99
C3-C4	20,00	20,01



Figura 3. Ortomosaico gerado a partir das fotografias aéreas efetuadas no local.

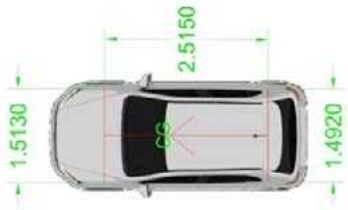


Figura 4. Gabarito do veículo.

A vetorização das marcas de pneumáticos sobre o ortomosaico possibilitou a associação individual dessas marcas aos respectivos pneumáticos do veículo, permitindo o posicionamento do gabarito conforme suas dimensões de fábrica (Figura 4) diretamente sobre a trajetória reconstruída. A partir desse procedimento, foi possível determinar, em cada segmento, os ângulos de derrapagem com base na orientação relativa entre o eixo longitudinal do veículo e a direção da trajetória percorrida pelo centro de gravidade, bem como estimar o próprio deslocamento ao longo do movimento. Essa abordagem evidenciou o comportamento característico de rototranslação e superou limitações comuns associadas à medição direta em campo, especialmente em cenários com múltiplos vestígios e trajetória não linear.

De acordo com Toresan e Didyk (2024), recomenda-se que a discretização do movimento seja realizada de forma que a distância percorrida pelo centro de gravidade em cada intervalo esteja compreendida entre 3 e 5 m [2]. No caso analisado, a trajetória do movimento de rototranslação foi discretizada em 10 intervalos sucessivos, com distâncias variando entre 4,55 m e 4,65 m, permitindo representar a variação discreta dos ângulos de derrapagem (Figura 7 e Tabela 2).

Os ângulos médios obtidos apresentaram variação progressiva ao longo do trajeto, partindo de valores próximos a 5° nos trechos iniciais e atingindo valores superiores a 100° nas fases finais, evidenciando a evolução do movimento desde uma condição de leve desalinhamento até uma situação de deslizamento lateral acentuado.

(Figura 7 e Tabela 2).



Figura 5. Ortomosaico na região das marcas de pneumáticos.

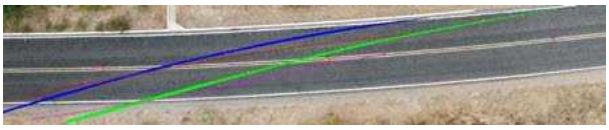


Figura 6. Vetorização das marcas de pneumáticos. Etapa em que se verificou qual marca foi produzida por qual pneumático.



Figura 7. Posicionamento do gabarito do veículo sobre as marcas de pneumáticos e discretização do movimento em 10 intervalos.

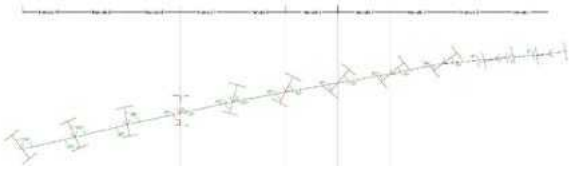


Figura 8. Determinação gráfica dos ângulos de derrapagem em cada intervalo.



Figura 9. Reprodução gráfica do movimento do veículo durante a rototranslação.

As imagens aéreas permitiram a identificação clara da trajetória do veículo e das marcas associadas a cada pneumático, possibilitando análise individualizada dos eixos e visualização contínua da evolução angular do movimento. Esse aspecto foi determinante para a correta determinação dos ângulos de derrapagem ao longo da trajetória, parâmetro essencial para aplicação do método intervalar de Daily.

Essa abordagem representa um avanço metodológico relevante, uma vez que:

- Reduz a subjetividade na estimativa dos ângulos de derrapagem;
- Reduz tempo no levantamento realizado em campo, otimizando a aplicação dos recursos humanos;
- Utiliza equipamento de baixo custo em comparação com a utilização alternativa de scanners 3D;
- Possibilita a reprodução e auditoria dos cálculos por terceiros.

A aplicação do método intervalar resultou em uma velocidade equivalente de cerca de 79 km/h (Tabela 1), associada à energia cinética do veículo, para o trecho de rototranslação. Além disso, embora não tenha sido objeto do escopo deste trabalho, a análise do

movimento subsequente de capotamento indicou uma velocidade da ordem de 91 km/h. A combinação energética dessas parcelas resultou em uma velocidade total estimada em aproximadamente 120 km/h, valor significativamente superior ao limite regulamentar da via, que era de 60 km/h no trecho.

Tabela 2. Ângulos, distâncias e fator de arrasto efetivo para cada intervalo.

Intervalo	d(m)	β (º)	f_{ai}	VEEC²
1	4,56	5,0	0,08	7,48
2	4,55	20,5	0,28	24,61
3	4,64	27,5	0,36	32,51
4	4,62	35,0	0,44	39,77
5	4,61	46,5	0,55	49,70
6	4,60	59,0	0,65	58,28
7	4,65	69,5	0,70	64,21
8	4,65	82,5	0,74	67,85
9	4,65	94,5	0,75	68,22
10	4,66	108,5	0,71	65,12
Total	VEEC²1	477,75		
VEEC 1	21,86	m/s		
VEEC 1	78,69	km/h		

No presente caso, não foram realizados ensaios experimentais para determinação dos coeficientes de atrito entre os pneumáticos e o pavimento, motivo pelo qual foram adotados valores de referência obtidos na literatura técnica, compatíveis com superfícies asfálticas em condições secas, sendo considerado coeficiente máximo de atrito (μ) igual a 0,75 [8] e resistência ao rolamento (fr) igual a 0,02 [8].

A equação do fator de arrasto efetivo (Eq. 1) descreve a transição contínua entre esses dois regimes de interação pneu–pavimento em função do ângulo de derrapagem. Dessa forma, para ângulos próximos de zero, o movimento tende ao rolamento puro, fazendo com que o fator de arrasto se aproxime de fr, situação compatível com os primeiros intervalos analisados, nos quais os ângulos são reduzidos.

Por outro lado, à medida que o ângulo de derrapagem se aproxima de 90°, o movimento passa a se caracterizar por deslizamento lateral predominante, fazendo com que o fator de arrasto tenda ao coeficiente máximo de atrito μ, condição observada nos intervalos finais da trajetória, nos quais os ângulos assumem valores próximos da perpendicularidade.

Esses resultados demonstram que a abordagem adotada permitiu não apenas a reconstrução qualitativa da dinâmica, mas também a quantificação consistente dos parâmetros físicos envolvidos.

Trabalhos anteriores já demonstraram que o uso de drones possibilita a obtenção de medições com diferenças reduzidas em relação aos métodos convencionais, além de proporcionar ganhos operacionais relevantes no tempo de levantamento [5]. No presente estudo, entretanto, observa-se um avanço metodológico em relação ao trabalho de Silva Neto et al. (2024), uma vez que o produto aerofotogramétrico não foi utilizado apenas como ferramenta de medição, mas também como base para a extração de parâmetros cinemáticos, tais como os ângulos de derrapagem e o deslocamento do centro de gravidade ao longo da trajetória.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo de caso demonstrou que o uso de aerofotogrametria com drone permite a obtenção eficiente e integrada de parâmetros geométricos essenciais à análise de acidentes de trânsito com dinâmica complexa.

A geração de ortomosaico georreferenciado possibilitou a vetorização das marcas de pneumáticos, a determinação dos ângulos de derrapagem e o cálculo do deslocamento do centro de gravidade do veículo, viabilizando a aplicação de metodologias físicas de reconstrução com maior robustez e eficiência de recursos humanos e financeiros.

Os resultados obtidos corroboram estudos anteriores que indicam a viabilidade do uso de drones em perícia de trânsito, ao mesmo tempo em que ampliam seu campo de aplicação para análises dinâmicas mais complexas.

Conclui-se que a utilização dessa tecnologia representa um avanço significativo na prática pericial, especialmente em casos envolvendo movimentos de rototranslação e capotamento, nos quais a análise espacial dos vestígios é determinante para a correta interpretação da dinâmica do evento.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Agentes de Polícia Willem Simão, Edilson Júnior e José Hércules pelo apoio prestado durante a realização dos exames periciais em campo, contribuindo para a adequada condução dos trabalhos.

Agradecem, ainda, a toda a equipe da Subcoordenadoria Regional de Caicó pelo suporte operacional e institucional, bem como à Polícia Científica do Estado do Rio Grande do Norte (PCIRN) pelo incentivo ao

desenvolvimento e pela aplicação de soluções técnicas voltadas ao aprimoramento da atividade pericial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] O. Negrini Neto, R. Kleinubing. Dinâmica dos acidentes de trânsito. 5 ed. Millenium Editora, Brasil (2023) 10-232.

[2] W. Toresan Jr.; N. Didyk. Reconstrução de Colisões Veiculares. Brasil (2024).

[3] Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2010). Processamento digital de imagens (3ª ed.). Pearson Prentice Hall.

[4] Esri. Ortho Mosaic Definition. GIS Dictionary. Retirado em 20/04/2026, de support.esri.com/en-us/gis-dictionary/ortho-mosaic

[5] J.G. Silva Neto; T.L. Andrade; L.G.C. Silva. Utilização de drone de baixo custo em local de acidente de trânsito: um estudo de caso. Anais do XXVII Congresso Nacional de Criminalística (2024).

[6] R.M. Fonseca; F.H. Jagosich; K.K. De Vicente; R.K. Akamine. Cálculo de velocidade em movimentação spin através da reconstituição de marcas pneumáticas por técnica de sobreposição de fotografias do local no levantamento tridimensional. ACI – Anais do Congresso Nacional de Criminalística, v. 12, n. 3, p. 695–699 (2023).

[7] Agisoft LLC. Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition. Disponível em: www.agisoft.com/downloads/user-manuals/. Acesso em: 20 abr. 2026.

[8] Almeida, L. L. de. (2014). Acidente de trânsito: novos métodos de cálculo de velocidade (A. Espindula, Org.). Millennium

B. P. Neves, J. G. Silva Neto, R. de O. Mapele, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Metodologia semiassistida por imagem para mensuração de deformações veiculares e estimativa da EES pelo método CRASH3

B. P. Neves[a,*], J. G. Silva Neto[a,*], R. de O. Mapele[b,*]

[a]*Instituto de Criminalística, Regional de Caicó, Polícia Científica do Rio Grande do Norte (RN), Brasil*

[b]*Instituto de Criminalística, Natal, Polícia Científica do Rio Grande do Norte (RN), Brasil*

**Endereços de e-mail: bpn.bruno@gmail.com[Tel.:+55 (84)9.9912-2248], netogermano@hotmail.com[Tel.:+55 (81)9.9674-1397], renilsonmapele@msn.com [Tel.:+55 (24)9.9913-4611]*

Palavras-chave: Reconstrução de Acidentes; CRASH3; Deformação Veicular; Veículos Aéreos Não Tripulados (UAV); Engenharia Forense.

1. INTRODUÇÃO

A reconstrução pericial de acidentes de trânsito frequentemente depende da análise das deformações estruturais dos veículos envolvidos. Entre os parâmetros tradicionalmente empregados nesse contexto, destacam-se as profundidades de deformação estrutural utilizadas em metodologias derivadas do modelo CRASH3 [1], amplamente adotadas para estimativas energéticas e reconstrução física de colisões veiculares.

Na prática pericial, entretanto, a obtenção desses parâmetros ainda depende majoritariamente de medições manuais realizadas em campo, normalmente com uso de trenas e interpretação visual do operador. Além da subjetividade inerente ao procedimento, fatores como restrições de tempo, condições ambientais, movimentação do veículo e ausência de documentação geométrica padronizada podem dificultar a reprodutibilidade das medições e elevar a imprecisão dos resultados. Alternativamente, técnicas baseadas em escaneamento tridimensional e LiDAR apresentam elevado potencial métrico, mas sua aplicação prática pode ser limitada pelo custo de aquisição, complexidade operacional e disponibilidade institucional, especialmente em estruturas periciais com menor acesso a equipamentos especializados [2]. Nos últimos anos, o avanço da documentação aérea por veículos aéreos não tripulados (UAVs), conhecidos como “drones”, ampliou o potencial de aplicação de métodos baseados em imagens digitais no contexto da engenharia forense e em locais de acidente de trânsito [3]. Apesar disso, ainda são limitados os estudos voltados à extração semiassistida de parâmetros de deformação estrutural diretamente a partir de imagens, especialmente utilizando abordagens de baixo custo e aplicabilidade prática na rotina pericial.

Diante desse cenário, o presente trabalho propõe e avalia preliminarmente uma metodologia semiassistida para obtenção de parâmetros de deformação veicular envolvendo calibração, sobreposição de imagens, marcações estruturais e processamento geométrico aplicado à estimativa da Velocidade Equivalente de Energia (Energy Equivalent Speed — EES) [4]. Para avaliação do método, foram realizados testes controlados utilizando dados experimentais da National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) [5], como padrão de referência técnico, bem como análises preliminares com imagens reais obtidas por UAV de veículos deformados por impacto, com marcações manuais de deformação feitas por peritos em contexto pericial criminal.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A estimativa da energia dissipada em colisões veiculares constitui uma das bases clássicas da reconstrução de acidentes de trânsito. Entre os métodos mais difundidos para essa finalidade, destacam-se as metodologias derivadas do modelo CRASH3, nas quais a energia absorvida pela estrutura do veículo é estimada a partir das deformações permanentes produzidas durante o impacto. Nesse contexto, parâmetros geométricos de deformação estrutural, tradicionalmente

representados pelas flechas de *crush* (C1 a C6), são utilizados em conjunto com coeficientes de rigidez estrutural do veículo para estimativa da energia de deformação e da *EES*. Observa-se uma representação esquemática das flechas de deformação estrutural na Figura 1, a seguir.

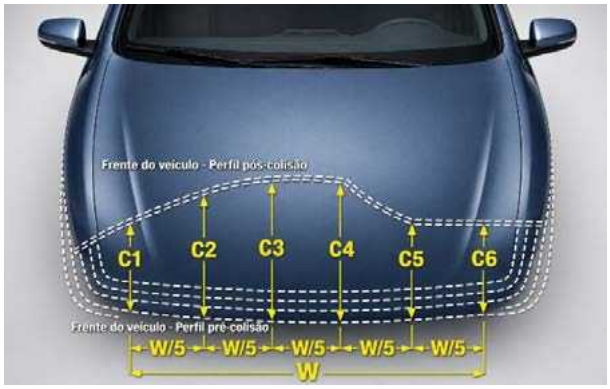


Figura 1. Representação esquemática da largura deformada (W) e das flechas estruturais C1–C6 utilizadas na estimativa da energia de deformação pelo método CRASH3.

As medições dessas deformações são normalmente realizadas de forma manual, através de trenas em campo, utilizando referências geométricas estruturais do veículo. Entretanto, fatores como subjetividade interpretativa do operador, limitações de acesso ao veículo, ausência de documentação geométrica padronizada e dificuldades operacionais em locais de acidente podem impactar a repetibilidade das medições e a rastreabilidade posterior do procedimento pericial, dentro de uma cadeia de custódia. Paralelamente, o avanço do uso de imagens digitais e de veículos aéreos não tripulados

(UAVs) ampliou o potencial de aplicação de métodos baseados em documentação visual no contexto da engenharia forense. Embora técnicas avançadas de fotogrametria e escaneamento tridimensional apresentem elevado potencial métrico, sua aplicação prática ainda pode ser limitada por custo operacional, disponibilidade institucional e complexidade de processamento. Nesse cenário, abordagens semiassistidas baseadas em imagens bidimensionais surgem como alternativa experimental de baixo custo para apoio à obtenção de parâmetros de deformação veicular.

De forma simplificada, a energia absorvida pela deformação estrutural pode ser representada pela Eq. 1.

$$E = \frac{W}{5}\left[\frac{A}{2}\sum_{i=1}^{6} k_i C_i + \frac{B}{6}\left(\sum_{i=1}^{6} k_i C_i^2 + \sum_{i=1}^{5} C_i C_{i+1}\right) + 5G\right](1+\tan^2\alpha) \quad (1)$$

em que:

$$k_i = \begin{cases} 1, & i = 1,6 \\ 2, & i = 2,3,4,5 \end{cases}$$

- E representa a energia absorvida pela deformação;
- C_i representam as deformações estruturais medidas;
- A e B correspondem aos coeficientes de rigidez estrutural do veículo;
- W representa a largura deformada;
- G corresponde ao termo residual de energia;
- α representa o ângulo do impacto.

A partir da energia estimada, a EES pode ser obtida conforme a Eq. 2.

$$EES = \sqrt{\frac{2E}{m}} \quad (2)$$

Em que E representa a energia absorvida pela deformação e m corresponde à massa do veículo. Para o cálculo da energia associada à deformação, é necessário conhecer os coeficientes de rigidez estrutural do modelo analisado. Conforme literatura técnica especializada [6], esses coeficientes **A** e **B** podem ser obtidos a partir de resultados experimentais de *crash tests*, como os disponibilizados pela NHTSA.

3. METODOLOGIA

3.1 Visão geral do método

O método proposto foi implementado no software experimental CRASH3Vision [7], desenvolvido especificamente para operacionalizar e avaliar a metodologia semiassistida de extração de parâmetros de deformação estrutural veicular a partir de imagens digitais, visando posterior estimativa da EES. A ferramenta integra etapas de calibração geométrica, alinhamento estrutural, marcação das deformações, definição dos coeficientes estruturais, cálculo energético e relatórios técnicos com registro das medições e resultados, favorecendo a rastreabilidade. O software será disponibilizado gratuitamente, sem fins comerciais, em repositório público, como forma de permitir a reprodutibilidade, auditoria e aprimoramento futuro do método.

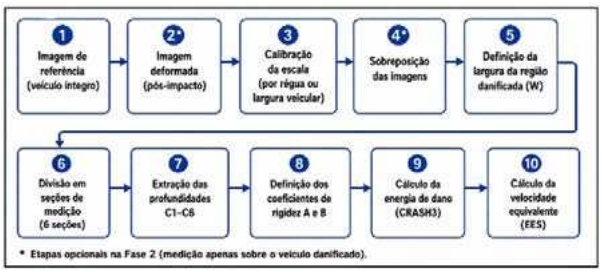


Figura 2. Fluxo metodológico para extração semiassistida de deformações e estimativa da EES.

3.2 Aquisição das imagens e preparação das amostras

A validação experimental foi dividida em duas etapas complementares. Na Fase 1, foram utilizados vídeos oficiais de ensaios frontais contra barreira rígida da NHTSA, selecionando-se quadros imediatamente anteriores ao impacto e quadros de máxima deformação estrutural observável após o retorno elástico inicial (*rebound*). Foram analisados cinco modelos veiculares distintos, com câmeras em vista superior ou quase nadiral, para simular capturas aéreas. Na Fase 2, foram utilizadas imagens reais de veículos deformados obtidas por UAVs em contexto pericial criminal, em alturas entre 8 e 12 metros e com posicionamento aproximadamente nadiral em relação ao dano frontal, visando reduzir distorções de perspectiva e preservar proporcionalidade geométrica para as marcações estruturais. A calibração espacial foi realizada com referências métricas adicionadas ou presentes na cena, como réguas de lona posicionadas no solo, capô ou teto, além de dimensões conhecidas do veículo, como a largura em ficha técnica.

3.3 Extração semiassistida das deformações estruturais

Após a calibração geométrica, realizou-se o alinhamento visual entre os perfis íntegro e deformado do veículo. Na Fase 1, esse procedimento foi executado por sobreposição semitransparente entre os quadros pré e pós-colisão. Já na Fase 2, as marcações foram realizadas diretamente sobre o veículo deformado, simulando cenário mais próximo da rotina pericial real.

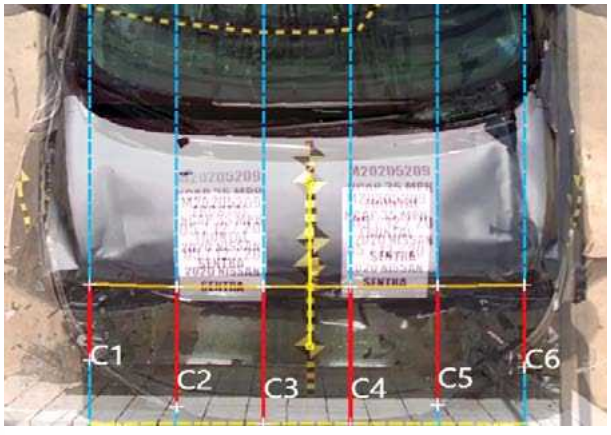


Figura 3. Exemplo de imagens sobrepostas extraídas do *crash test* da NHTSA e com as marcações de deformação no padrão do teste de impacto.

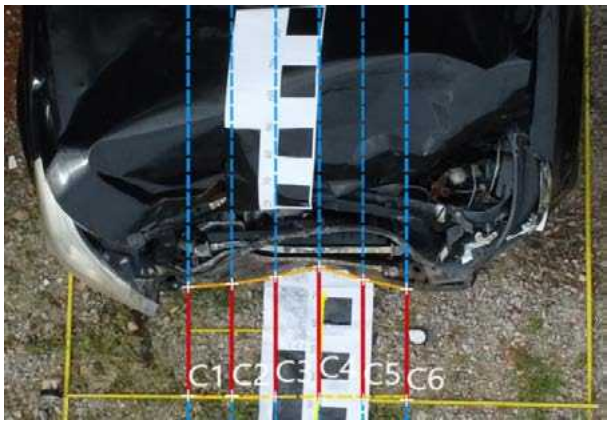


Figura 4. Exemplo de imagem capturada *in loco*, com as marcações feitas em software.

A largura deformada total (W) foi definida manualmente pelo operador e subdividida em cinco intervalos equivalentes para obtenção das seis flechas estruturais de deformação (C1 a C6). As marcações foram executadas utilizando referência estrutural deslocada (*offset*) em relação à superfície externa do para-choque, buscando representar aproximadamente a região estrutural associada à absorção primária de energia do impacto.

Os coeficientes estruturais A e B utilizados nos cálculos energéticos foram obtidos a partir de dados experimentais de *crash tests* presentes nos relatórios técnicos da NHTSA.

3.4 Validação experimental e análise estatística

Na Fase 1, cinco veículos da NHTSA foram analisados sob um protocolo de **N=9** medições por modelo, geradas por três repetições independentes de três peritos criminais, permitindo a comparação direta com os parâmetros energéticos oficiais. Buscou-se também investigar a influência da resolução espacial sobre a estabilidade das marcações.

Na Fase 2, foram realizados testes preliminares com imagens reais obtidas por UAV. Três peritos criminais realizaram três marcações independentes sobre cada amostra analisada, totalizando N=9 medições por modelo, após breve treinamento operacional e alinhamento prévio dos critérios gerais de interpretação das deformações estruturais.

A acurácia do método foi avaliada por meio do Erro Médio Absoluto Percentual (*Mean Absolute Percentage Error — MAPE*), conforme a Eq. 3.

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^{n} \left| \frac{EES_{app,i} - EES_{ref,i}}{EES_{ref,i}} \right| \quad (3)$$

onde:

- *MAPE* representa o Erro Médio Absoluto Percentual;
- *n* corresponde ao número de observações analisadas;
- $EES_{app,i}$ representa o valor estimado após as marcações na imagem;
- $EES_{ref,i}$ representa o valor de referência utilizado para comparação.

Adicionalmente, foram realizadas análises de regressão linear, correlação de Pearson, dispersão estatística e variabilidade interavaliador, visando investigar a estabilidade operacional preliminar do método proposto.

Diferentemente da Fase 1, a segunda fase buscou realizar as marcações diretamente sobre as barras transversais de reforço, aproximando-se da prática pericial tradicional de medição manual em campo. Para isso, priorizaram-se casos em que a estrutura interna já estava exposta nas imagens. Quando a barra transversal se encontrava parcialmente obstruída nas imagens aéreas, foram utilizadas fotografias complementares obtidas ao nível do solo para auxiliar na estimativa do alinhamento estrutural oculto. Essa abordagem é viável porque estruturas internas de absorção de impacto tendem a apresentar continuidade e simetria construtiva, estando associadas a requisitos de desempenho e ensaios de segurança veicular, como os previstos no 49 CFR Part 581 da NHTSA [8].

Complementarmente, o *software* utilizado disponibiliza uma linha auxiliar móvel (*offset*) capaz de simular virtualmente a posição original da barra transversal a partir do contorno externo visível do para-choque, auxiliando as marcações em cenários de obstrução parcial da estrutura interna.

4. RESULTADOS

Os testes experimentais conduzidos na Fase 1 tiveram como objetivo avaliar a viabilidade prática do método proposto para estimativa da *EES* a partir de medições semiassistidas de deformação veicular em imagens. Os resultados obtidos foram comparados aos valores de referência técnica presentes nos relatórios oficiais de impacto controlado da NHTSA. A Tabela 1 apresenta os valores consolidados do *MAPE,* bem como desvio padrão, número de marcações e resultados de testes de hipótese, obtidos para cada modelo analisado nas duas fases da metodologia.

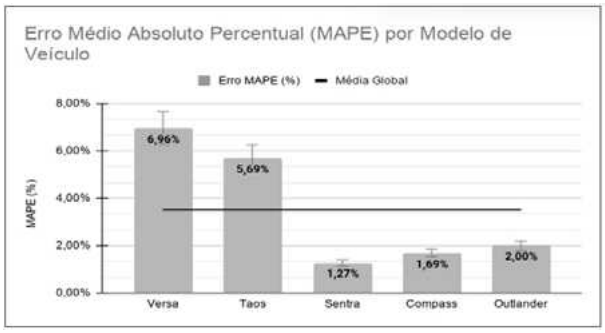


Figura 5. Erro MAPE por modelo de veículo na Fase 1. As barras verticais indicam a dispersão dos dados e a linha contínua demarca a média global de erro (3,52%).

O método apresentou desempenho consistente na Fase 1, com MAPE médio global de 3,52% (Fig. 5). Esse resultado é relevante porque o erro foi calculado sobre a EES, parâmetro derivado da energia de deformação, que pode ser influenciado por pequenas variações nas marcações estruturais.

Os modelos Sentra, Compass e Outlander apresentaram os menores desvios, variando entre 1,27% e 2,00%. Nessas condições experimentais, a maior resolução espacial disponível nas imagens favoreceu a definição geométrica das estruturas deformadas e permitiu marcações mais consistentes das flechas de deformação estrutural (C1 a C6).

Por outro lado, os maiores desvios foram observados nos modelos Taos (5,69%) e Versa (6,96%). No caso do Versa, a baixa resolução da imagem analisada (0,23 MP) produziu pixelização perceptível e perda de definição estrutural, aumentando a incerteza no posicionamento manual dos pontos. Já o modelo Taos, apesar de possuir resolução intermediária (1,05 MP), apresentava carroceria predominantemente preta, condição que reduziu o contraste visual das regiões deformadas e possivelmente dificultou as marcações estruturais, influenciando negativamente o desempenho obtido.

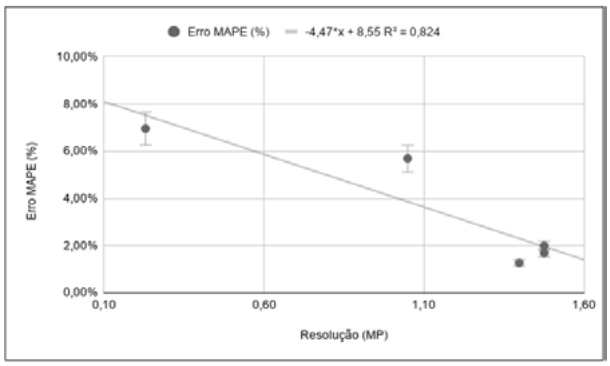


Figura 6. Regressão linear entre o Erro MAPE e a resolução do sensor (Fase 1). O coeficiente de determinação (R^2 = 0,824) sugere que 82,4% da variação do erro pode ser explicada pela qualidade da imagem na marcação das deformações.

A análise de correlação de Pearson resultou em coeficiente de r = -0,908, indicando forte tendência de correlação linear negativa entre aumento da resolução da imagem e redução do erro médio observado. Complementarmente, a regressão linear apresentou coeficiente de determinação de R^2 = 0,824 (Fig. 6), sugerindo associação relevante entre resolução espacial da imagem e variabilidade dos erros obtidos.

Os resultados preliminares indicam que imagens com resolução igual ou superior a aproximadamente 1,40 MP tendem a proporcionar maior estabilidade nas marcações estruturais e menor variabilidade nos cálculos energéticos derivados, enquanto resoluções inferiores a 1,00 MP podem introduzir níveis adicionais de incerteza capazes de impactar a precisão da reconstrução física do impacto. Destaca-se que são resultados iniciais para apenas 5 veículos.

A Fase 2 avaliou a acurácia do sistema por meio de testes de reprodutibilidade *in loco*, com três peritos criminais realizando três marcações independentes sobre imagens aéreas de veículos reais danificados e comparando-se com uma medição manual. Os resultados consolidados demonstraram que, mesmo sob influência da subjetividade inerente ao posicionamento manual dos pontos de deformação estrutural, o método manteve comportamento consistente, registrando MAPE médio global de 4,60% e desvio padrão médio de apenas 0,505 km/h.

A Figura 7 apresenta a dispersão dos resultados obtidos por avaliador para cada modelo da amostra experimental (Toyota Etios, Chevrolet Agile e Chevrolet Classic).

Observou-se boa convergência entre os operadores em todas as amostras analisadas. O modelo Agile apresentou o menor erro da fase, com MAPE de 3,61% e desvio padrão de 0,330 km/h. Já os modelos Etios e Classic apresentaram erros percentuais próximos, registrando MAPEs de 5,09% e 5,10%, respectivamente, com dispersões igualmente reduzidas. Destaca-se que os coeficientes de rigidez estruturais A e B dessa fase foram obtidos de tabelas conhecidas para os modelos de carro, e no caso específico do Etios, utilizou-se os coeficientes extraídos do relatório NHTSA de um Yaris de ano próximo.

De maneira geral, os desvios observados permaneceram inferiores a 1 km/h em todas as amostras avaliadas, sugerindo boa estabilidade operacional do método mesmo diante de pequenas diferenças de interpretação entre avaliadores. Entretanto, deve-se considerar que os ensaios da fase 2 envolveram cenários com velocidades de dano relativamente baixas, condição que naturalmente reduz a magnitude absoluta dos desvios observados em km/h. Assim, os baixos desvios-padrão obtidos não devem ser interpretados como ausência de erro, mas sim como indicativo preliminar de consistência relativa do método dentro da faixa energética analisada.

Adicionalmente, os avaliadores receberam breve treinamento operacional sobre a ferramenta e alinharam critérios gerais de interpretação das deformações estruturais, fator que pode ter contribuído para reduzir a variabilidade interavaliador. Essa variabilidade é esperada em marcações manuais, sobretudo por divergências quanto à largura de danos, ao equipamento de medição e à precisão adotada.

Tabela 1 - indicadores agregados de amostragem (N), acurácia (MAPE), velocidade de referência e dispersão das estimativas nas Fases 1 e 2.

Amostra Veicular	Marcações (N)	Erro MAPE (%)	Vel. Referência — EES (km/h)	Desvio Padrão (km/h)
Sentra - 2020	9	1,27%	55,33	0,612
Compass - 2024	9	1,69%	54,63	0,681
Outlander - 2025	9	2,00%	55,70	0,467
Taos - 2022	9	5,69%	55,54	0,701
Versa - 2021	9	6,96%	55,92	2,242
Média - Fase 1	**45**	**3,52%**	—	**0,94**
Validação Estatística	—	*Teste t pareado: p = 0,116*[1]		—
		FASE 2		
Etios - 2017	9	5,09%	22,31	0,522
Agile - 2011	9	3,61%	10,47	0,330
Classic - 2011	9	5,10%	29,04	0,663
Média - Fase 2	**27**	**4,60%**	—	**0,505**
Validação Estatística	—	*Teste t pareado: p = 0,774*[2]		—

Nota: [1] Os testes t pareados foram aplicados às médias por veículo. Na Fase 1, compararam-se os resultados do método semiassistido com os valores de referência dos relatórios NHTSA (t = 2,00; p = 0,116). [2] Na Fase 2, compararam-se os resultados do método semiassistido com as referências manuais de campo (t = 0,33; p = 0,774). Adotando-se α = 0,05, não se rejeitou a hipótese nula de ausência de diferença estatisticamente significativa.

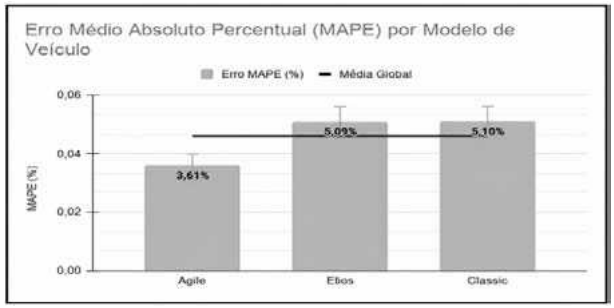


Figura 7. Erro MAPE por modelo de veículo na Fase 2. As barras verticais indicam a dispersão dos dados e a linha contínua demarca a média global de erro (4,6%).

Não obstante, nos ensaios da Fase 2, o método baseado em imagens reduziu o tempo médio de obtenção dos parâmetros de deformação de 19,3 para 11,1 minutos por veículo, representando ganho operacional aproximado de 40,9%.

Os resultados também indicam que, uma vez mantidas condições adequadas de resolução espacial da imagem (conforme discutido na Fase 1), as variações interavaliador tendem a produzir impacto limitado sobre os cálculos energéticos derivados pelo sistema.

Esses achados reforçam o potencial do método como ferramenta experimental de apoio à engenharia forense e à reconstrução de acidentes baseada em imagens, especialmente em cenários de documentação padronizada por UAV.

4.1 Limitações Técnicas do Método

O método proposto apresenta limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados, destacando-se a dependência do alinhamento manual das imagens, a influência da resolução espacial da captura e a subjetividade no posicionamento dos pontos de deformação pelo operador. Ressalta-se, ainda, que a validação experimental realizada neste estudo se concentrou em danos frontais, não tendo sido testada, nesta etapa, em impactos laterais ou traseiros.

Na Fase 1, observou-se aumento do erro em imagens de baixa resolução e em cenários de baixo contraste visual, como veículos escuros sobre fundos igualmente escuros. Na Fase 2, a metodologia baseada na barra transversal do para-choque mostrou depender da visualização majoritária dessa estrutura, podendo exigir apoio de fotografias complementares obtidas ao nível do solo. Fatores como sombras intensas, baixa iluminação e ângulos desfavoráveis de captura também podem impactar a qualidade geométrica das marcações. Assim, os resultados devem ser interpretados como validação experimental preliminar (*proof-of-concept*), sendo necessária ampliação da base amostral e investigação adicional da estabilidade do método em diferentes condições operacionais.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou uma metodologia semiassistida para extração de deformações veiculares em imagens, aplicada à estimativa da EES no contexto da reconstrução de acidentes de trânsito.

Os resultados preliminares demonstraram comportamento consistente do método nas duas fases experimentais. Na Fase 1, baseada em ensaios controlados da NHTSA e múltiplos avaliadores independentes, o sistema apresentou MAPE médio global de 3,52%; enquanto a Fase 2, conduzida com imagens reais obtidas por UAV e com múltiplos avaliadores independentes, apresentou MAPE médio global de 4,60%, mantendo baixa variabilidade interavaliador dentro da faixa energética analisada. Os achados sugerem que a abordagem proposta possui potencial como ferramenta experimental de apoio à engenharia forense, especialmente em cenários de documentação fotográfica padronizada e digitalização parcial da obtenção de parâmetros de deformação estrutural. Ao registrar imagens, marcações e relatórios técnicos, o método também favorece a incorporação desse vestígio à cadeia de custódia, ampliando rastreabilidade, reprodutibilidade e **conferência posterior**. Adicionalmente, o método reduziu em média 40,9% o tempo de obtenção dos dados em relação ao procedimento manual empregado em campo, evidenciando ganho operacional significativo para a rotina pericial, sem perda relevante de consistência nos ensaios.

Os resultados obtidos indicam que o método implementado no CRASH3Vision representa um *proof-of-concept* promissor para futuras pesquisas em reconstrução de acidentes baseada em imagens digitais, especialmente em aplicações envolvendo documentação aérea por UAV e análise semiassistida de danos veiculares.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Polícia Rodoviária Federal (PRF) e à Polícia Científica do Rio Grande do Norte pelo apoio para a realização do presente projeto de pesquisa. As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade dos autores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] C.E. Strother; R.L. Woolley; M.B. James; C.Y. Warner. Crush Energy in Accident Reconstruction. *SAE Technical Paper* 860371 (1986).

[2] National Institute of Justice. Study Surveys 3D Crime Scene Scanning Devices. Office of Justice Programs (2016). Acesso em 22/05/2026, de https://www.ojp.gov/library/publications/study-surveys-3d-crime-scene-scanning-devices.

[3] J.G. Silva Neto; T.L. Andrade; L.G.C. Silva. Utilização de drone de baixo custo em local de acidente de trânsito: um estudo de caso. *Rev. Bras. Crim*. **14**: 567-572 (2025).

[4] D. Vangi. Simplified method for evaluating energy loss in vehicle collisions. *Accid. Anal. Prev*. **41**: 633-641 (2009).

[5] NHTSA. Vehicle Crash Test Database. U.S. Department of Transportation. Retirado em 22/05/2026, de https://www.nhtsa.gov/research-data/vehicle-crash-test-database.

[6] W. Toresan Jr.; M. Didyk. *Reconstrução de colisões veiculares*, 2. ed., Instituto de Ciências Forenses Ltda., Brasil (2026).

[7] B.P. Neves. CRASH3Vision. GitHub (2026). Retirado em 26/05/2026, de https://github.com/brunopneves/crash3vision.

[8] NHTSA. 49 CFR Part 581 — Bumper Standard. Code of Federal Regulations, Title 49, Part 581. Retirado em 22/05/2026, de https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-V/part-581.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Retroanálise da estabilidade geotécnica em um caso de deslizamento de talude no aterro sanitário da Região Metropolitana de Curitiba

B. T. Otsuka[a,*], E. G. F. Mercuri[b], M. P. N. e Silva[c]

[a]*Polícia Científica do Paraná, Seção de Perícias Ambientais, Curitiba (PR), Brasil*
[b]*Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Ambiental, Setor de Tecnologia, Curitiba (PR), Brasil*
[c]*Polícia Científica do Paraná, Posto Avançado de Irati (PR), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: bruno.tonel@policiacientifica.pr.gov.br. Tel.: +55-41-99911-1197.*

Palavras-chave: Estabilidade de taludes; aterro sanitário; Bishop Simplificado; geotecnia ambiental; resíduos sólidos urbanos.

1. INTRODUÇÃO

A estabilidade geotécnica de aterros sanitários representa um aspecto fundamental para a segurança ambiental e estrutural desses empreendimentos, especialmente devido às características geomecânicas de seu material constituinte, os resíduos sólidos urbanos, bem como devido à influência das águas pluviais. Neste trabalho foi realizada uma análise de estabilidade de talude de um aterro sanitário utilizando o software D-Stability, baseado no método de equilíbrio limite. O estudo considerou diferentes materiais geotécnicos, incluindo resíduos sólidos urbanos compactados, argilas, turfas e solos granulares. A metodologia empregou o método de Bishop Simplificado com busca automática de superfícies críticas de ruptura. Foram avaliados os parâmetros geotécnicos dos materiais, incluindo peso específico, coesão e ângulo de atrito interno, além da influência das pressões neutras e da linha piezométrica no interior do maciço de resíduos sólidos urbanos.

A disposição final de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários requer análises geotécnicas rigorosas para garantir a estabilidade dos maciços ao longo de sua vida útil. A presença de resíduos heterogêneos, solos compressíveis, elevada umidade, geração de biogases e alterações no nível freático tornam esses sistemas particularmente suscetíveis a processos de ruptura.

A estabilidade de taludes em aterros sanitários é influenciada por diversos fatores, incluindo:

- Heterogeneidade e propriedades geomecânicas dos resíduos;
- Propriedades geotécnicas da fundação;
- Processos de biodegradação e recalque dos resíduos;
- Eficiência do sistema de drenagem de líquidos percolados;
- Eficiência do sistema drenagem de biogases;
- Eficiência dos sistemas de impermeabilização de base e de cobertura;
- Método de preenchimento das camadas e geometria do aterro;
- Interferências de obras durante a vida útil do aterro sanitário.

Em regiões com ocorrência de solos orgânicos e turfas, os riscos associados a recalques excessivos e rupturas globais tornam-se ainda mais relevantes. Dessa forma, análises de equilíbrio limite constituem ferramentas fundamentais para avaliação da segurança geotécnica desses empreendimentos.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta uma análise de estabilidade geotécnica de um aterro sanitário utilizando o software D-Stability, com aplicação do método de Bishop Simplificado e consideração explícita dos efeitos das pressões neutras e da estratigrafia local.

2. ESTUDO DE CASO

No presente trabalho será abordado o caso de deslizamento de talude em um aterro sanitário localizado no município de Fazenda Rio Grande, utilizado para deposição de resíduos sólidos urbanos gerados em toda a Região Metropolitana de Curitiba, Paraná. Na ocasião, houve a ruptura de um talude formado, originalmente, por nove camadas de resíduos sólidos urbanos intercaladas com solo argiloso compactado, que estavam em processo de retaludamento, totalizando uma pilha com altura aproximada de quarenta e cinco metros. A ruptura ocasionou impactos ambientais no solo, água e ar na região de entorno, devido ao movimento de massa e exposição de resíduos em processo de decomposição, além do chorume que atingiu um afluente do Rio Iguaçu e a água subterrânea. Houve, também, a liberação de biogases que estavam acumulados no interior do aterro, gerando incômodos na vizinhança do aterro, devido à dispersão de gases e odor, o que atraiu uma grande quantidade de animais e vetores. Nesse evento, ocorreu a morte de um operador de escavadeira que realizava ação de movimentação de solos na região da base (pé) do talude em uma tentativa de contenção emergencial do movimento de massa.



Figura 1. Modelo digitalizado do talude obtido através do geoprocessamento de imagens capturadas por VANT.

Durante as análises periciais dos projetos de engenharia e estudos ambientais referentes às fases de construção e manutenção do aterro sanitário, obtiveram-se os relatórios anuais de monitoramento geotécnico elaborados pela empresa gestora do aterro, ao longo de seis anos, e apresentados ao órgão ambiental para cumprimento de condicionantes ao licenciamento ambiental de operação. Tais relatórios apresentaram análises da estabilidade de taludes, através de software que estima o Fator de Segurança (FS) nas seções críticas, considerando a geometria atual do aterro e os parâmetros geotécnicos de entrada no sistema. Os valores de FS estimados nos relatórios foram confrontados com os valores definidos na NBR 11.682 para análise da estabilidade geotécnica de cada seção simulada. Em resumo, esses relatórios apresentados pela empresa apontavam, em todos os cenários e seções críticas, uma situação de estabilidade dos taludes, visto que em nenhuma das simulações o FS calculado apresentava-se abaixo de 1.5. Entretanto, o que se observou foi a simplificação dos parâmetros geotécnicos de entrada nas simulações computacionais, bem como, a falta de referências bibliográficas ou ensaios laboratoriais para definição desses parâmetros. Um dos principais fatores que gerou incerteza é a falta de monitoramento piezométrico em grande parte da área do aterro durante quase toda a vida útil, o que acarretou na suposição de níveis de saturação subestimados nas seções críticas analisadas. A instalação de piezômetro na região do deslizamento ocorreu apenas em outubro de 2021, oito meses antes da ruptura, sendo que as primeiras medições já apontavam situação de saturação de aproximadamente 60% da massa de resíduos. O somatório dessas simplificações dos relatórios de monitoramento geotécnico gerou fatores de segurança acima de 1.5, que é o valor limite definido pela NBR 11.682 para estabilidade de taludes, sugerindo, assim, cenários hipotéticos em que os taludes monitorados se encontravam continuamente em situações de plena estabilidade.

2.1. Dinâmica do evento

Por meio da análise de imagens históricas de satélite foi possível investigar e compreender o processo construtivo e de formação da geometria do aterro sanitário. Observou-se que as primeiras intervenções para preparação da base e fundação da obra iniciaram no ano 2009. A partir do início da operação de recebimento dos resíduos sólidos, os setores do aterro foram sendo preenchidos por meio da disposição e compactação de resíduos sólidos, intercaladas por camadas de solo argiloso compactado. As imagens a seguir apresentam as alterações na estrutura e superfícies geométricas do aterro desde 2018 até 2022, ano em que houve a ruptura do talude localizado na região sudoeste do aterro.



Figuras 2 e 3. Imagens de satélite datadas de maio de 2018 e novembro de 2020, respectivamente. Fonte: Google Earth Pro.



Figuras 4 e 5. Imagens de satélite datadas de julho de 2021 e fevereiro de 2022, respectivamente. Fonte: Google Earth Pro.

Analisando-se as imagens apresentadas nas Figuras 2 a 5, identificou-se que a região sudoeste do aterro sofreu, ao longo dos anos, interferências frequentes de obras como abertura e fechamento de vias de acesso para tráfego de veículos, o que contribuiu com a instabilidade, devido à execução de obras de corte e aterro de solos, além da passagem de veículos pesados que geram efeitos vibratórios contínuos no local de interesse. É possível identificar na Figura 3 o início do processo de retaludamento dos taludes já consolidados, na face oeste do aterro. Procedendo à análise, observa-se nas Figuras 4 e 5, o avanço no processo de retaludamento através do preenchimento das bermas com resíduos sólidos urbanos, bem como alteração no sistema de cobertura final para geomanta impermeável fato que, em tese, reduziria a percolação da água pluvial e melhoraria as condições de estabilidade do aterro. Contudo, esse processo de retaludamento e instalação do novo sistema de cobertura final apresentou-se moroso e, com isso, a face oeste do aterro sanitário permaneceu exposta às intempéries, pelo menos, entre novembro de 2020 e junho de 2022, período que favoreceu significativamente a infiltração de água pluvial ao interior da massa de resíduos sólidos, gerando uma saturação adicional dos taludes devido à sobrecarga do sistema de drenagem dos líquidos percolados.



Figura 6. Imagem de satélite datada de junho de 2022, após o deslizamento do talude. Fonte: Google Earth Pro.



Figura 7. Foto da região adjacente à ruptura, evidenciando a exposição das faces e bermas dos taludes às intempéries, bem como o avanço de processo erosivo que fragilizou a região de ruptura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho tem o objetivo de apresentar a reconstituição da situação anterior à ruptura e, a partir dessa retroanálise, confrontar os resultados obtidos neste trabalho com os resultados de modelagem computacional da estabilidade geotécnica apresentadas anualmente pela empresa gestora ao órgão ambiental que demonstravam situações hipoteticamente seguras de estabilidade. Através de simulações computacionais realizadas no software *D-Stability*, dedicado a análises de estabilidade de taludes e encostas, analisou-se diferentes cenários e calibrações das variáveis geotécnicas de entrada, como peso específico, coesão, ângulo de atrito e grau de saturação, em relação aos efeitos produzidos no FS que reflete a estabilidade do talude. Tais calibrações evidenciaram que os relatórios anuais de automonitoramento geotécnico apresentados pela empresa gestora do aterro sanitário, apresentavam níveis superestimados de FS, tendo em vista a notória simplificação das condições de contorno e dos parâmetros geotécnicos de entrada, em especial, do grau de saturação da massa de resíduos sólidos.

3.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido a partir de um modelo geotécnico bidimensional do aterro sanitário de Fazenda Rio Grande, Paraná, contendo diferentes camadas de resíduos e solos argilosos. A geometria analisada incluiu:

- Área de interesse pericial do aterro, onde houve a ruptura;
- Camadas de preenchimento alternadas e de cobertura;
- Aterro compactado de fundação;

- Processo de retaludamento;
- Sistema hidrogeológico;
- Camada intermediária de geomanta.

Foram considerados diferentes estágios construtivos da estrutura geotécnica, representados por cinco etapas de análise. A base georreferenciada da seção foi obtida através do modelo digital do terreno gerado pelo geoprocessamento das imagens capturadas em campo por VANT (veículo aéreo não tripulado) do modelo Phantom 3. A partir da imagem foi reconstituída a face do talude antes do deslizamento.

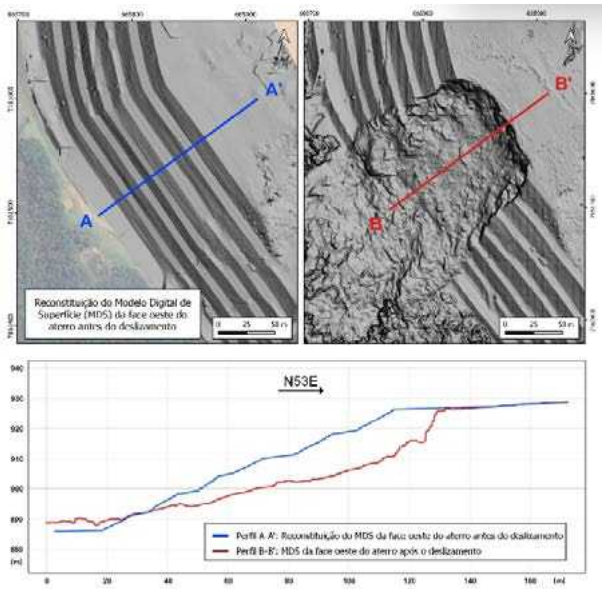


Figura 8. Reconstituição da seção de interesse através do modelo digital do terreno.

3.2. Método de análise

A estabilidade foi avaliada utilizando o método de equilíbrio limite de Bishop Simplificado. O método considera superfícies potenciais de ruptura circulares e realiza o equilíbrio das forças atuantes em múltiplas fatias verticais do maciço.

O fator de segurança global é obtido pela relação entre:

- forças resistentes ao cisalhamento;
- forças solicitantes associadas ao peso próprio do maciço.

O software *D-Stability* realizou:

1. Geração automática de superfícies potenciais de ruptura;
2. Discretização em fatias;
3. Cálculo iterativo das tensões;
4. Determinação da superfície crítica de ruptura.

As análises consideraram os seguintes parâmetros:

- Tensões efetivas;
- Poropressões;
- Peso específico saturado;
- Influência do nível piezométrico.

Os resíduos sólidos urbanos foram modelados como um material relativamente leve, porém com resistência significativa ao cisalhamento devido aos processos de compactação e ao reforço fibroso interno presente nos resíduos. O elevado valor de coesão adotado é compatível com a presença de fibras e plásticos e ao comportamento pseudo-coesivo típico do lixo compactado. O terreno de fundação foi representado por um solo natural com resistência intermediária e comportamento relativamente estável, servindo como base estrutural do maciço. Já os resíduos sólidos utilizados no processo de retaludamento, ou reperfilamento geométrico dos taludes, apresentou menor peso específico e menor ângulo de atrito interno, características compatíveis com materiais mais leves e menos resistentes empregados na suavização das inclinações do aterro, principalmente, devido à heterogeneidade e ao estágio inicial do processo de biodegradação da matéria orgânica. A Tabela 1 detalha as propriedades geotécnicas usadas na análise de equilíbrio limite.

Tabela 1. Propriedades Geotécnicas usadas na simulação numérica de equilíbrio limite.

Material	γ (kN/m³)	c (kPa)	ϕ (°)
Resíduos Sólidos	10	19	28
Terreno	18	10	29
Retaludamento	11.5	13.5	22

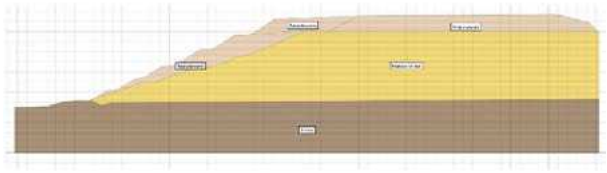


Figura 9. Materiais constituintes do aterro na seção crítica analisada.

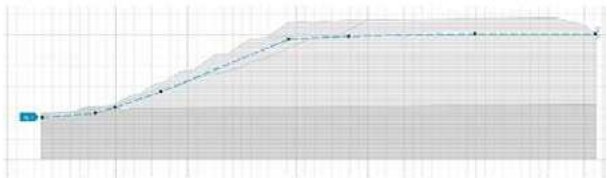


Figura 10. Linha piezométrica crítica obtida pelas medições piezométricas em 15 de junho de 2022.

4. RESULTADOS

Após aplicação do método considerando as condições de contorno e os parâmetros geotécnicos de entrada no software *D-Stability*, obteve-se as superfícies de ruptura preferenciais para a seção crítica de inte-

resse pericial e o fator de segurança calculado antes e após o retaludamento da última camada preenchida sobre a região de ruptura, que majorou a força solicitante associada ao peso próprio do maciço, conforme gráficos apresentados nas Figuras 11 e 12.

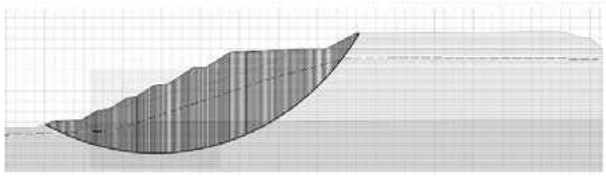


Figura 11. Superfície de ruptura antes do retaludamento, Fator de Segurança: 1,072.

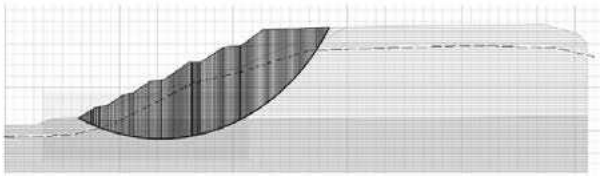


Figura 12. Superfície de ruptura após o retaludamento, Fator de Segurança: 0,815.

Observa-se que, antes do preenchimento da última camada (Figura 11), o talude já apresentava uma situação de iminente instabilização, com FS próximo a 1.0, na qual as forças de resistência ao cisalhamento igualavam-se às forças solicitantes, considerando a data em que a linha piezométrica atingiu o pico histórico de medição. Assim, após o preenchimento da última camada de resíduos, os esforços solicitantes, devido ao peso próprio, aumentaram significativamente e reduziram o fator de segurança da superfície de ruptura para 0.815 (Figura 12), cenário em que o somatório de forças de mobilização do talude era superior ao somatório das forças de resistência ao cisalhamento, gerando a instabilização do aterro sanitário e o deslizamento do talude.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstraram que a estabilidade global do aterro é fortemente influenciada pelas características geotécnicas dos materiais constituintes e pelo comportamento reológico dos resíduos sólidos urbanos. A análise evidenciou a importância do monitoramento adequado das poropressões e das tensões efetivas na avaliação da segurança do maciço, uma vez que o aumento da saturação reduz significativamente a resistência ao cisalhamento dos materiais. Os resíduos sólidos urbanos compactados apresentaram comportamento pseudo-coesivo relevante, contribuindo para o aumento da estabilidade local do aterro devido à compactação e ao reforço fibroso interno. Contudo, as alterações estruturais que o aterro foi submetido, através do retaludamento e aplicação de um novo sistema de cobertura final, geraram forças solicitantes adicionais devido ao peso próprio dos resíduos depositados e ao aumento da saturação devido à sobrecarga do sistema de drenagem dos líquidos percolados, que resultou em um acumulo excessivo de líquidos no interior da massa de resíduos, reduzindo o fator de segurança e provocando a ruptura do talude. De modo geral, o estudo mostrou que o método de Bishop Simplificado aplicado no software *D-Stability* constitui uma ferramenta adequada para análises preliminares de estabilidade em aterros sanitários, podendo subsidiar futuras investigações envolvendo monitoramento geotécnico, modelagem hidrogeotécnica acoplada e análises probabilísticas de risco. O caso tratou de um tipo de exame incomum na rotina pericial, por esse motivo não haviam técnicas ou procedimentos previamente adotados na instituição para análise do caso. Dessa forma, montou-se uma equipe multidisciplinar, com coordenação na Seção de Perícias Ambientais (SPA), que atuou temporariamente para atender a essa demanda específica. Buscou-se uma metodologia consolidada na área de conhecimento da geotecnia clássica para embasamento técnico da análise pericial e validação dos resultados. A força tarefa mostrou-se eficaz em apresentar um laudo pericial que auxiliou na resolução do processo de persecução penal. Como resultado, além da identificação das causas que levaram ao deslizamento, originou-se uma nova categoria de exame pericial no sistema de gestão de laudos (GDL) da Polícia Científica do Paraná, denominada exame de geotecnia ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à equipe da Seção de Perícias Ambientais que forneceram apoio técnico, estrutura e equipamentos para viabilizar os trabalhos periciais, bem como à Direção da Polícia Científica do Paraná pelo suporte e entendimento quanto à complexidade do caso em tela.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Das, B. M., & Sivakugan, N. 2017. Fundamentals of geotechnical engineering. Cengage Learning.

[2] Gerscovich, D.M.S., Vargas, E.A., De Campos, T.M.P. 2023. Estabilidade de taludes. Solos não saturados no contexto geotécnico, cap. 25, pp.867-891.

[3] Van Der Meij, R. 2019. D-Stability: slope stability software for soft soil engineering – User Manual: Installation Manual, Tutorial, Scientific Background and Reliability Background. Delft: Deltares.

[4] Wissmann, J.A. & Outros. 2024. Engenharia Forense: Desabamentos e Soterramentos. Editora Millennium

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Título pleno do trabalho: Inteligência Artificial Especializada Aplicada à Investigação Pericial de Incêndios: Apoio Metodológico e Padronização do Raciocínio Causal

L. G. Silva[a,*]

[a]*Instituto de Criminalística, Superintendência da Polícia Técnico-Científica, São Paulo (SP), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: leandro.lgd@policiacientifica.sp.gov.br. Tel.: +55-12-98139-1189.*

Palavras-chave: Inteligência artificial; investigação de incêndios; sistema especialista; engenharia forense; método científico.

1. INTRODUÇÃO

A investigação pericial de incêndios exige interpretação integrada dos vestígios térmicos, análise de possíveis fontes de ignição, avaliação do comportamento do fogo e validação contínua das hipóteses causais formuladas durante os exames. A complexidade dos cenários investigados, associada à necessidade de uniformização metodológica e preservação da expertise institucional, evidencia a importância do desenvolvimento de ferramentas assistivas aplicadas à atividade pericial.

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento do Prometeu, sistema especialista baseado em inteligência artificial voltado ao apoio metodológico da investigação pericial de incêndios. A proposta foi concebida para auxiliar a organização técnica da análise, o raciocínio causal e a estruturação narrativa dos laudos, mantendo a análise crítica e a validação técnico-científica sob responsabilidade do perito.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A estrutura assistiva foi implementada sobre Modelo de Linguagem de Grande Escala (Large Language Model - LLM), customizado com direcionamento metodológico específico para investigação pericial de incêndios. O sistema foi desenvolvido com base em bibliografia técnico-científica especializada, manuais operacionais, procedimentos institucionais padronizados e aproximadamente 300 laudos periciais de incêndio de autoria do pesquisador, previamente anonimizados, utilizados para alinhamento terminológico, compatibilização narrativa e aproximação operacional com a prática pericial.

Entre os referenciais empregados destacaram-se a NFPA 921, Kirk's Fire Investigation e literatura especializada em dinâmica do fogo, análise de danos elétricos, reconstrução de incêndios, interpretação de vestígios e procedimentos técnicos aplicados à investigação pericial.

Os casos utilizados no desenvolvimento e na aplicação da ferramenta foram previamente descaracterizados, mediante supressão de nomes, endereços, números de procedimentos e demais elementos identificadores. As imagens eventualmente utilizadas também foram selecionadas ou tratadas de forma a preservar informações identificadoras.

Foram observadas práticas de anonimização prévia, minimização das informações submetidas, preservação do sigilo funcional e proteção de dados, mantendo-se a supervisão humana durante a utilização da ferramenta.

A metodologia foi estruturada segundo as etapas de reconhecimento do problema, coleta de dados, análise dos vestígios, formulação de hipóteses, teste de compatibilidade causal e validação técnica. O sistema foi configurado com restrições inferenciais e para atuação assistiva na organização, correlação e apresentação de informações técnico-científicas, permanecendo a interpretação pericial e as conclusões submetidas à revisão crítica e validação do perito responsável.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre as funcionalidades implementadas destacaram-se o apoio à organização do raciocínio causal, interpretação e correlação de padrões térmicos, delimitação preliminar de zonas de interesse, organização de hipóteses, estruturação técnica de seções descritivas dos exames e auxílio à elaboração objetiva de informações destinadas às respostas aos quesitos.

Até o período avaliado, 88 casos reais de investigação de incêndio foram trabalhados com suporte assistivo do Prometeu, permitindo avaliar sua aplicação prática, aderência metodológica e compatibilidade com o fluxo operacional da atividade pericial.

A utilização indicou redução do tempo de organização das informações e estruturação do texto pericial, além de melhora percebida no fluxo de trabalho durante a elaboração sequencial de documentos. Em observações operacionais realizadas durante o desenvolvimento, verificou-se redução aproximada de 50% a 60% no tempo de estruturação de determinados laudos. O resultado possui caráter observacional e não decorre de estudo controlado especificamente destinado à mensuração desse desfecho.

Em uma das rotinas operacionais acompanhadas, foram confeccionados oito laudos periciais de incêndio em um único dia de trabalho, com elaboração sequencial nos períodos matutino e vespertino, mantendo padronização narrativa e consistência estrutural.

GOVERNANÇA E SUPERVISÃO HUMANA

O Prometeu possui caráter exclusivamente assistivo e não se caracteriza como sistema decisório, sistema pericial automatizado ou “perito digital”. O perito permanece como humano no circuito (human in the loop), responsável pela análise crítica dos elementos técnicos, validação das hipóteses, conclusões e conteúdo final do laudo.

Em conformidade com os arts. 3º a 6º da Portaria SPTC-30/2026, a utilização demonstrada restringe-se à organização, consolidação e redação de seções descritivas. A formulação autônoma de conclusões periciais, respostas definitivas a quesitos ou inferências valorativas e decisivas sobre vestígios não integra a finalidade da ferramenta.

Tabela 1. Distribuição mensal dos casos analisados com suporte assistivo do sistema.

Período	Casos
Ago/25	10
Set/25	10
Out/25	9
Nov/25	25
Jan/26	1
Fev/26	10
Mar/26	10
Abr/26	8
Mai/26	5
Total	**88**

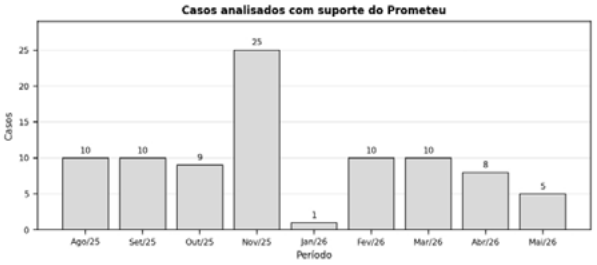


Figura 1. Distribuição temporal dos 88 casos analisados com suporte do Prometeu nos nove períodos documentados entre agosto de 2025 e maio de 2026.

EXEMPLO DE FLUXO ASSISTIVO EM CASO REAL ANONIMIZADO

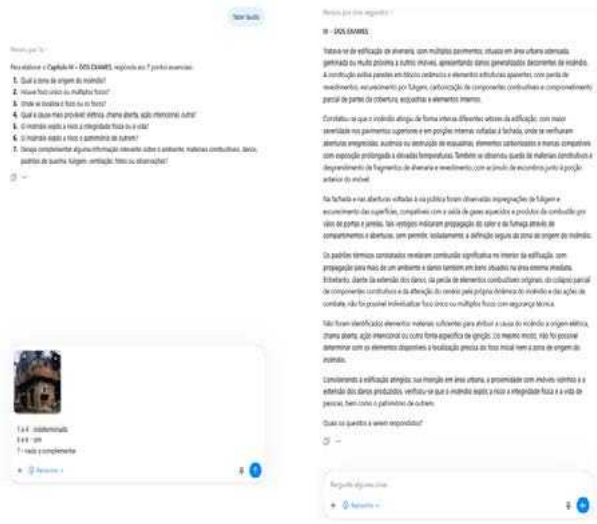


Figura 2. Coleta estruturada de informações e geração de minuta descritiva para revisão do perito. As telas foram previamente selecionadas de modo a não expor elementos identificadores do caso.

APLICAÇÃO ASSISTIVA

No fluxo demonstrado, o sistema solicita sete informações essenciais acerca dos exames, incluindo zona de origem, número e localização de focos, causa considerada pelo examinador, riscos verificados e observações complementares. O usuário fornece respostas objetivas e imagem previamente anonimizada, sem nomes, endereços, números de procedimentos ou metadados identificadores.

A ferramenta organiza os dados fornecidos e propõe uma minuta de seção descritiva. O texto gerado não constitui conclusão autônoma: o perito verifica cada afirmação, confronta-a com os vestígios e registros de campo, corrige ou rejeita trechos incompatíveis e decide o conteúdo que poderá integrar o laudo.

DISCUSSÃO E LIMITAÇÕES

Os resultados observados apontaram utilidade na organização do fluxo de trabalho, na recuperação de uma sequência metodológica consistente e na transformação de informações fornecidas pelo examinador em minuta tecnicamente estruturada. Entretanto, o uso da ferramenta não comprova acurácia na determinação de origem ou causa e não valida, por si, qualquer hipótese pericial.

O desempenho depende da qualidade e completude das informações de entrada. Permanecem como riscos omissões, alucinações, reprodução acrítica de linguagem, viés de automação e inferências incompatíveis com os vestígios. Esses riscos exigem rastreabilidade das informações, revisão integral e liberdade do perito para corrigir, rejeitar ou reescrever o conteúdo sugerido.

4. CONCLUSÕES

A utilização prática do Prometeu em casos reais demonstrou potencial como ferramenta assistiva para padronização metodológica, organização do raciocínio causal, estruturação técnica da informação e melhoria do fluxo operacional na investigação pericial de incêndios.

Os resultados indicaram aplicabilidade da inteligência artificial especializada como suporte à atividade pericial, desde que mantidas a supervisão humana, a proteção das informações, as restrições inferenciais e a validação técnico-científica pelo perito responsável.

Os achados possuem caráter de pesquisa aplicada e justificam a continuidade dos estudos, especialmente mediante avaliação sistemática de desempenho, tempo de elaboração, consistência técnica e limitações do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] DEHAAN, John D.; ICOVE, David J. Kirk's Fire Investigation. 7. ed. Upper Saddle River: Pearson, 2012.

[2] ERLANDSSON, R.; STRAND, G. An investigation of physical characteristics indicating primary or secondary electrical damage. Fire Safety Journal, v. 8, p. 97-103, 1984/1985.

[3] NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 921: Guide for Fire and Explosion Investigations. Quincy, 2021.

[4] NIC DAÉID, Niamh (Ed.). Fire Investigation. Boca Raton: CRC Press, 2004.

[5] NEWMAN, Reta. Modern laboratory techniques involved in the analysis of fire debris samples. In: NIC DAÉID, Niamh (Ed.). Fire Investigation. Boca Raton: CRC Press, 2004.

[6] SHIPP, Martin. The use of laboratory reconstruction in fire investigation. In: NIC DAÉID, Niamh (Ed.). Fire Investigation. Boca Raton: CRC Press, 2004.

[7] STAUFFER, Eric. Sources of interference in fire debris analysis. In: NIC DAÉID, Niamh (Ed.). Fire Investigation. Boca Raton: CRC Press, 2004.

[8] TWIBELL, John D. Electricity and fire. In: NIC DAÉID, Niamh (Ed.). Fire Investigation. Boca Raton: CRC Press, 2004.

[9] SÃO PAULO (Estado). Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo. Manual de Fundamentos de Bombeiros.

[10] SANTA CATARINA (Estado). Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Manual de Investigação de Incêndios.

[11] SUPERINTENDÊNCIA DA POLÍCIA TÉCNICO-CIENTÍFICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. POP-CP-14 - Engenharia Forense: Incêndio em Edificações. Elaboração: André Moreira de Camargo; Fábio André Massa. São Paulo, 2025.

[12] SUPERINTENDÊNCIA DA POLÍCIA TÉCNICO-CIENTÍFICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Portaria SPTC nº 30, de 02 de julho de 2026. Diretrizes para o uso ético, responsável e seguro de ferramentas de Inteligência Artificial Generativa e soluções de tecnologia da informação aplicadas às atividades da SPTC. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 14 jul. 2026.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Extensão da Razão Cruzada para 6 Pontos Colineares com Aplicação em Fotogrametria Forense: Formulação Matemática, Análise de Incerteza e Aplicação em Estimativa de Velocidade Veicular

I. N. L. Silva[a,*], E. Fernandes[b]

[a]*SEL– Instituto Geral de Perícias do Rio Grande do Sul, Brasil*
https://orcid.org/0009-0005-0539-8075
[b]*Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil*
https://orcid.org/0009-0006-0745-5712
[*] *E-mail: isaac-silva@igp.rs.gov.br*

Palavras-chave: Razão Cruzada; Análise de Vídeo; Velocidade Veicular; Reconstrução de Acidentes de Trânsito; Fotogrametria Forense

1. INTRODUÇÃO

O modelo canônico com quatro pontos (RZ-4P) está bem estabelecido na literatura [1, 2, 3, 4, 5] e é amplamente adotado em laudos periciais. Sua aplicação requer a identificação de dois pontos de referência no veículo em cada uma das duas posições analisadas — tipicamente, os eixos dianteiro e traseiro. Quando essa identificação é possível com boa precisão, o modelo RZ-4P produz resultados confiáveis e de simples documentação.

Entretanto, situações práticas frequentemente inviabilizam o RZ-4P: borrão de movimento em altas velocidades, baixa resolução da câmera, iluminação insuficiente, oclusões parciais ou — como se ilustra neste trabalho — a necessidade de aplicar o método a um trecho cujos pontos de referência naturais do veículo não são identificáveis, mas para o qual existe uma referência de comprimento conhecido na própria cena (como faixas de travessia de pedestres ou mesmo outro veículo). Nesses casos, a extensão para seis pontos com quartetos sobrepostos (RZ-6P) oferece solução metodológica robusta, permitindo utilizar qualquer segmento de comprimento real conhecido e colinear com a trajetória como referência métrica.

Este artigo tem dois objetivos complementares. O primeiro é apresentar, de forma acessível e comparativa, a formulação matemática dos modelos RZ-4P e RZ-6P, com análise de incerteza e sensibilidade geométrica. O segundo é demonstrar, por meio de um caso ilustrativo real, a equivalência e a complementaridade dos dois modelos, em um cenário controlado envolvendo o mesmo veículo, no mesmo evento, em duas análises independentes — uma com o entre-eixos do veículo como referência (**RZ-4P**), em trechos de maior definição visual, e outra, em posição desfavorável, tomando-se a primeira análise como referência, porém adicionando-se duas posições questionadas (**RZ-6P**) —, ambas convergindo para o valor nominal medido por GPS.

2. RAZÃO CRUZADA: FUNDAMENTO MATEMÁTICO

2.1 O Invariante Projetivo

Uma câmera realiza uma projeção central: raios luminosos de pontos do espaço tridimensional convergem no centro óptico e incidem no sensor, gerando a imagem bidimensional. Sob essa transformação, com-

primentos e ângulos são em geral distorcidos — um veículo distante aparece menor.

Essa propriedade é o fundamento de ambos os modelos [6, 7]: o que é calculado a partir das coordenadas de pixel é numericamente idêntico ao que seria calculado nas coordenadas reais do mundo.

2.2 Definição

Para quatro pontos colineares A, B, C, D, com distâncias orientadas AC, BC, BD e AD:

$$K = (AC / BC) \times (BD / AD) = \text{constante} \quad \text{(Eq. 1)}$$

O valor K é adimensional, real, e satisfaz $K \neq 0$, $K \neq 1$, $K \neq \infty$ para pontos em posição geral. O invariante é calculado nas coordenadas de pixel projetadas sobre a linha de referência e é numericamente igual ao calculado nas coordenadas métricas reais.

2.3 Requisito de Colinearidade

Todos os pontos usados no cálculo — sejam quatro (RZ-4P) ou seis (RZ-6P) — devem ser colineares: projetáveis sobre uma única linha de referência no plano da via. Essa linha é tipicamente a borda ou o eixo da faixa de rolamento, paralela à trajetória do veículo. A violação da colinearidade é a fonte de erro sistemático mais crítica e não pode ser mitigada por aumento do número de medições.

3. MODELO CANÔNICO: RZ-4P

3.1 Configuração e Nomenclatura

Na aplicação ao movimento veicular, os quatro pontos são:

- A: eixo dianteiro na posição inicial (quadro i).
- B: eixo traseiro na posição inicial (quadro i). AB = L (entre-eixos — comprimento real conhecido).
- C: eixo dianteiro na posição final (quadro j). CD = L (mesmo veículo).
- D: eixo traseiro na posição final (quadro j).
- O segmento BC é a distância percorrida s — a grandeza de interesse (incógnita). A ordenação ao longo da trajetória é A → B → C → D (veículo se desloca de A–B para C–D).

3.2 Equação e Solução Analítica

Considerando a geometria onde AB = CD = L, as distâncias em termos de L (entre-eixos) e s (deslocamento) são definidas como: AC = L + s, BC = s, BD = s + L e AD = 2L + s. Substituindo na Razão Cruzada (Eq. 1):

$$K = \frac{(L+s)^2}{s(2L+s)} \quad \text{(Eq. 2)}$$

Rearranjando a expressão como uma equação quadrática em s e extraindo a raiz positiva, obtém-se a solução analítica para o deslocamento:

$$s = \frac{L}{\sqrt{K}+1} \quad [\text{válida para } K > 1] \quad \text{(Eq. 3)}$$

A velocidade média é calculada pela relação entre o deslocamento s e o intervalo de tempo Δt:

$$v\ (km/h) = s\ (m) / \Delta t\ (s) \times 3{,}6 \quad \text{(Eq. 4)}$$
$$\text{com } \Delta t = \Delta n / FPS$$

sendo Δn o número de quadros e FPS a taxa de quadros por segundo da gravação.

3.3 Sensibilidade Geométrica e Escolha dos Quadros

A sensibilidade (sensibilidade relativa) do resultado à imprecisão de marcação dos pontos depende da razão s/L. Diferenciando a Equação 2:

$$|(\delta s/s) / (\delta K/K)| = K(2L+s) / [2(L+s)] \quad \text{(Eq. 5)}$$

A sensibilidade é mínima quando s ≈ L (distância percorrida ≈ entre-eixos). Para s muito menor ou muito maior que L, erros de marcação são amplificados. A recomendação prática é selecionar quadros com $0{,}5 \leq s/L \leq 3{,}0$.

3.4 Propagação de Incerteza (GUM)

A metodologia de propagação de incerteza adotada segue rigorosamente as recomendações do GUM [8]. A incerteza total na velocidade é propagada pelas parcelas espacial (marcação dos pontos) e temporal (taxa de quadros), assumidas independentes:

$$(\delta v/v)^2 = (\delta s/s)^2 + (\delta t/t)^2 \quad \text{(Eq. 6)}$$
$$\text{com } \delta t/t = 0{,}5/\Delta n$$

A incerteza espacial δs/s é estimada pelo desvio padrão relativo de medições repetidas da distância percorrida. A incerteza temporal segue da resolução de ±0,5 quadro por posição.

4. MODELO EXPANDIDO: RZ-6P COM QUARTETOS SOBREPOSTOS

4.1 Motivação

O RZ-4P exige dois pontos de referência por posição no veículo de interesse. Essa condição pode ser

inviabilizada por borrão de movimento, baixa resolução, oclusão ou — cenário relevante neste trabalho — quando a análise incide sobre um trecho cujos pontos de referência naturais do veículo (eixos) não são bem visíveis, mas no qual existe uma referência métrica de cena conhecida: por exemplo, um segundo veículo ou referências na via.

A extensão para seis pontos resolve essa limitação: os segmentos de referência A–B e C–D podem ser definidos sobre qualquer par de objetos de comprimento real conhecido colineares com a trajetória — e não precisam ser os eixos do veículo. Os pontos de interesse E e F são simplesmente as posições do veículo (ou de qualquer ponto rastreável nele) nos dois instantes analisados.

4.2 Configuração dos Seis Pontos

- A, B: extremidades do segmento de referência 1 (comprimento real L_AB).
- C, D: extremidades do segmento de referência 2 (comprimento real L_CD; pode ser diferente de L_AB).
- E, F: posições de interesse do veículo nos dois instantes (distância real EF — incógnita).

Todos os seis pontos são colineares sobre a mesma linha de referência. A ordenação típica é A → B → C → D → E → F ao longo da trajetória.

4.3 Os Três Quartetos Sobrepostos

Quando o veículo alvo não possui o entre-eixos conhecido ou visível, o método pode ser generalizado para uma cadeia de 6 pontos colineares (A, B, C, D, E, F). Nela, os quatro primeiros pontos (A, B, C, D) pertencem a um ou mais referenciais externos conhecidos (como o entre-eixos de outro veículo na cena), enquanto os pontos E e F representam as posições inicial e final do veículo questionado.

Essa configuração define três quartetos projetivos sobrepostos. A análise sequencial desses quartetos permite propagar a métrica dos referenciais fixos até a determinação do deslocamento final EF:

- **Quarteto 1 (A, B, C, D) — Calibração do Referencial:** Utiliza exclusivamente os pontos conhecidos da cena. Fornece a razão cruzada K1 e valida a distância BC1 com base na métrica conhecida AB = CD = L.
- **Quarteto 2 (B, C, D, E) — Posicionamento Inicial:** Incorpora o ponto E (posição inicial do veículo alvo). A partir da razão cruzada K2 calculada na imagem, determina-se analiticamente a distância DE2.
- **Quarteto 3 (C, D, E, F) — Determinação do Deslocamento:** Isola o último segmento da projeção, incorporando o ponto F (posição final do veículo alvo). A partir de K3, resolve-se a equação para obter diretamente a distância de interesse EF3.

Nota: Alternativamente, o terceiro quarteto pode ser extraído como (B, C, D, F) para calcular a distância acumulada DF_3, obtendo-se o deslocamento final por subtração linear: $EF = DF_3 - DE_2$. Ambos os caminhos fornecem estimativas geometricamente acopladas e independentes do entre-eixos do veículo investigado.

4.4 Variante $L_{AB} \neq L_{CD}$

Quando os segmentos de referência possuem comprimentos distintos — tais como o entre-eixos de um automóvel e a extensão de uma faixa de pedestres, ou mesmo dois veículos de modelos diferentes —, a formulação matemática dos quartetos permanece inalterada. As únicas condições de contorno para a validade do método são o conhecimento prévio dessas dimensões reais e a colinearidade estrita dos seis pontos mapeados.

Esta variante estendida apresenta grande utilidade prática em cenários forenses, pois viabiliza o uso de elementos viários fixos ou móveis como balizadores métricos, incluindo veículos adjacentes, faixas de travessia e sinalizações horizontais, cujas dimensões sejam normatizadas ou passíveis de verificação *in loco*.

5. CASO ILUSTRATIVO: MESMA CENA, DOIS MODELOS

5.1 Descrição do Caso

Para a validação comparativa dos modelos propostos, utilizou-se o registro em vídeo de uma câmera de vigilância instalada em via pública, operando sob condições de tráfego noturno. O veículo de teste, um VW/T-Cross, manteve velocidade constante durante o trecho de interesse, cujo valor nominal de referência foi aferido por um sistema de posicionamento global (GPS) embarcado em 29 km/h. A taxa de amostragem da câmera foi determinada em 12,048 FPS (quadros por segundo) por meio da análise dos metadados extraídos do arquivo original.

Como referencial métrico de validação, utilizou-se uma faixa de travessia de pedestres presente no plano de fundo da cena, cujo comprimento real de 4,00 m foi verificado *in loco*. Este segmento delimitou o deslocamento do veículo no intervalo sob análise.

O evento foi processado de forma independente por ambos os métodos a partir de uma mesma imagem base. Esta imagem consistiu na técnica de sobreposição de quadros (*frame blending*), permitindo a marcação e a identificação simultânea das posições inicial e final do veículo em uma única composição visual (Figuras 1 a 4). A correção de distorção de lente, conforme metodologia consolidada por Brown [9], foi aplicada antes da marcação dos pontos.



Figura 1. Quadro inicial — VW/T-Cross na posição inicial. Câmera 01, Dom 18:50:36.



Figura 2. Quadro intermediário — veículo em (18:50:37).



Figura 3. Sobreposição de quadros e marcação dos pontos para o RZ-4P (A=eixo diant. pos.1; B=eixo tras. pos.1; C=eixo diant. pos.2; D=eixo tras. Pos.2 - software Niewtun®).



Figura 4. Sobreposição de quadros e marcação dos pontos para o RZ-6P (A,B = entre-eixos pos.1; C,D = entre-eixos pos.2; E,F = posições de interesse adicionais sobre a faixa de pedestres - software Niewtun®).

5.2 Análise pelo RZ-4P (Entre-Eixos como Referência)

No RZ-4P, os quatro pontos foram marcados sobre os eixos dianteiro e traseiro do VW/T-Cross nas duas posições selecionadas. Os quadros inicial e final foram o 0 e o 7, com intervalo de 7 quadros. O entre-eixos do VW/T-Cross é de 2,700 m (ficha técnica Volkswagen). As coordenadas de pixel dos quatro pontos e a constante K calculada são apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Coordenadas dos pontos marcados para o RZ-4P.

Ponto	X (pixels)	Y (pixels)	Posição / Elemento
A	719	350	Eixo dianteiro — posição 1
B	603	268	Eixo traseiro — posição 1
C	534	219	Eixo dianteiro — posição 2
D	469	174	Eixo traseiro — posição 2

Tabela 2. Parâmetros e resultado do cálculo pelo RZ-4P.

Parâmetro	Valor	Observação
FPS	12,048	Taxa real (metadados)
Frame inicial / final	0 / 7	Δn = 7 quadros
Δt	0,581 ± 0,042 s	7 / 12,048
Entre-eixos (L)	2,700 m	Ficha técnica VW/T-Cross
Constante K	1,4353	Calculada das coordenadas de pixel
Distância s percorrida	4,90 ± 0,10 m	Solução da Equação 2
Incerteza na distância (δs/s)	± 2 %	Marcação — medições repetidas
Incerteza no tempo (δt/t)	≈ 7,2 %	0,5 / Δn = 0,5/7
Velocidade estimada	**30,4 ± 2,3 km/h**	**v = 4,90 / 0,581 × 3,6**

5.3 Análise pelo RZ-6P (Faixa de Pedestres como Referência)

No RZ-6P, a análise foi estendida ao trecho coincidente com a faixa de travessia de pedestres. Os segmentos de referência A–B e C–D correspondem, respectivamente, ao entre-eixos do VW/T-Cross nas posições inicial e final (LAB = LCD = 2,700 m — neste caso específico, as distâncias de referência são iguais, pois se trata do mesmo veículo).

Os pontos E e F foram mapeados utilizando a projeção da extremidade inferior dianteira do veículo sobre o pavimento nos quadros 0 e 6, adotada como recurso técnico devido à limitação de nitidez dos eixos físicos sob iluminação noturna. Sob a perspectiva geométrica do cenário, esses pontos alinharam-se oportunamente com os limites de uma faixa de pedestres (com extensão real verificada de 4,00 m).

Embora a presença de sinalização horizontal desse tipo não seja uma pré-condição para a viabilidade do modelo RZ-6P, sua ocorrência na cena funcionou como um elemento de validação independente e complementar, ratificando a acurácia do método na determinação do deslocamento.

Tabela 3. Coordenadas dos seis pontos marcados para o RZ-6P.

Ponto	X (pixels)	Y (pixels)	Posição / Elemento
A	719	350	Eixo dianteiro — posição 1
B	603	268	Eixo traseiro — posição 1
C	534	219	Eixo dianteiro — posição 2
D	469	174	Eixo traseiro — posição 2
E	385	114	Posição de interesse — quadro 0
F	339	82	Posição de interesse — quadro 6

Figura 5. Memorial de cálculo — RZ-4P (software Newtun®). Velocidade: 30,4 ± 2,3 km/h.

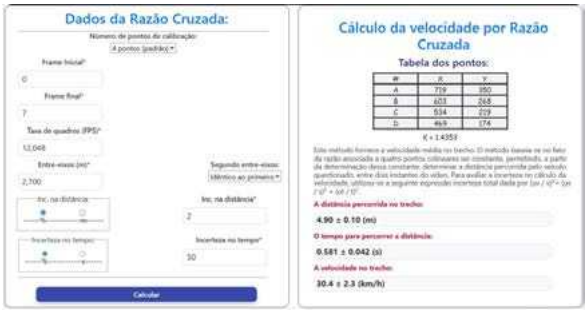
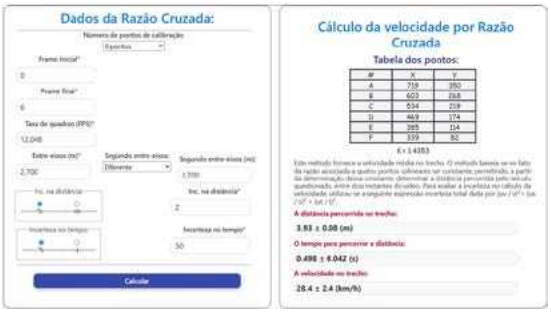


Tabela 4. Parâmetros e resultado do cálculo pelo RZ-6P.

Parâmetro	Valor	Observação
FPS	12,048	Taxa real (metadados)
Frame inicial / final	0 / 6	Δn = 6 quadros
Δt	0,498 ± 0,042 s	6 / 12,048
Entre-eixos L_AB = L_CD	2,700 m	Mesmo veículo — referências iguais
Comprimento real da faixa	4,00 m	Medição georreferenciada in loco
Constante K (ponderada)	1,4353	Consistente com o RZ-4P
Distância EF medida	3,93 ± 0,08 m	Combinação ponderada EF_1, EF_2, EF_3
Erro na distância vs. real (4,00 m)	− 1,75 %	Dentro da incerteza de marcação
Incerteza na distância (δEF/EF)	± 2 %	Medições repetidas
Incerteza no tempo (δt/t)	≈ 8,3 %	0,5 / Δn = 0,5/6
Velocidade estimada	**28,4 ± 2,4 km/h**	**v = 3,93 / 0,498 × 3,6**

Figura 6. Memorial de cálculo — RZ-6P (software Newtun®). Velocidade: 28,4 ± 2,4 km/h.



5.4 Comparação dos Resultados

Tabela 5. Comparação dos resultados dos dois modelos com o valor nominal GPS.

Parâmetro	RZ-4P	RZ-6P	Referência (GPS)
Modelo utilizado	4 pontos canônico	6 pontos sobrepostos	—
Referência métrica	Entre-eixos (2,700 m)	Entre-eixos + cena	GPS embarcado
Quadros analisados (Δn)	7	6	—
Δt (s)	0,581 ± 0,042	0,498 ± 0,042	—
Distância (m)	4,90 ± 0,10	3,93 ± 0,08	—
Velocidade estimada (km/h)	30,4 ± 2,3	28,4 ± 2,4	29 km/h
Erro em relação ao GPS	+ 1,4 km/h (+ 4,8 %)	− 0,6 km/h (− 2,1 %)	0 %
Dentro da incerteza?	Sim (29 ∈ [28,1; 32,7])	Sim (29 ∈ [26,0; 30,8])	—
s / L (razão geométrica)	≈ 1,81 (próximo ao ótimo)	— (faixa como ref.)	—

6. DISCUSSÃO

Ambos os modelos produziram estimativas estatisticamente equivalentes e concordantes com o valor nominal de 29 km/h (GPS) dentro dos respectivos intervalos de incerteza (k=2, ~95% de confiança): RZ-4P → [28,1; 32,7] km/h (+4,8% de erro pontual) e RZ-6P → [26,0; 30,8] km/h (-2,1%). Essa convergência valida experimentalmente a preservação do invariante projetivo na imagem e a consistência da metodologia de calibração e marcação adotada. Sob a ótica metrológica, a modesta taxa de amostragem do vídeo (12,048 FPS) configurou a fonte dominante de incerteza combinada, representando δt/t 7,2% no RZ-4P (Δn=7) e ≈ 8,3% no RZ-6P (Δn=6).

A integração de elementos regulamentados da via no RZ-6P, como a faixa de pedestres, demonstrou o potencial de desacoplamento métrico do modelo. O deslocamento EF estimado em 3,93 m (erro de -1,75% frente aos 4,00 m reais da via) comprova a robustez do método em cenários noturnos com borrão dinâmico. Quando as condições de cena permitem ambos os métodos, o RZ-4P é preferível pela simplicidade operacional quando os eixos do veículo são nítidos. O RZ-6P destaca-se quando há oclusão dos eixos do alvo, permitindo transferir a referência para sinalizações horizontais ou veículos adjacentes, além de oferecer verificação de consistência interna pelos três quartetos sobrepostos.

7. CONCLUSÕES

Este estudo validou experimentalmente os modelos RZ-4P e RZ-6P para estimativa de velocidade veicular, comprovando sua equivalência matemática e complementaridade prática. As principais conclusões sintetizam-se em:

Ambos os modelos convergiram com o padrão-ouro (GPS) dentro das incertezas expansíveis calculadas segundo o guia GUM (30,4 ± 2,3 km/h para RZ-4P e 28,4 ± 2,4 km/h para RZ-6P).

O RZ-6P expande a aplicabilidade da razão cruzada em cenários urbanos adversos (baixa resolução ou oclusão), permitindo o uso de referenciais independentes da geometria do veículo alvo, com erro linear inferior a 2%.

A taxa de quadros (FPS) do dispositivo gravador consolidou-se como a componente dominante da incerteza total, evidenciando a necessidade de rigor na análise de metadados temporais.

O modelo RZ-6P consolida-se como ferramenta robusta para a reconstrução de acidentes, superando

limitações de visibilidade do método clássico sem perda de rigor analítico.

REFERÊNCIAS

[1] A. Beutelspacher; U. Rosenbaum. *Projective Geometry: From Foundations to Applications*. Cambridge University Press (1998).

[2] L. Kadison; M. Kromann. *Projective Geometry and Modern Algebra*. Birkhäuser (1996).

[3] T.W. Wong; C.H. Tao; Y.K. Cheng; K.H. Wong; C.N. Tam. Application of cross-ratio in traffic accident reconstruction. *Forensic Sci. Int.* **235**: 19–23 (2014).

[4] A. Shashua. Projective structure from uncalibrated images: structure from motion and recognition. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* **16(8)**: 778–790 (1994).

[5] A. Thomas. Geometric characterizations of the cross ratio in a pencil of conics. Max-Planck *Institute for Mathematics*, Bonn (s.d.). Disponível em: https://hal.science/hal-03590180/document. Acesso em: 24/04/2026.

[6] R. Hartley; A. Zisserman. *Multiple View Geometry in Computer Vision*. 2. ed. Cambridge University Press (2003).

[7] Wikipedia. Cross-ratio. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Cross-ratio. Acesso em: 20/04/2026.

[8] BIPM; IEC; IFCC; ILAC; ISO; IUPAC; IUPAP; OIML. *Evaluation of Measurement Data — Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)*. JCGM 100:2008.

[9] D.C. Brown. Close-range camera calibration. *Photogramm. Eng.* **37(8)**: 855–866 (1971).

[10] M. C. Park; S. J. Kim; W. J. Jeon. *Improving the accuracy of video-based speed measurement using cross-ratio.* SSRN (2023).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise pericial de colapso estrutural de laje nervurada em edificação comercial: estudo de caso em engenharia forense no município do Recife-PE

A. P. Q. Souza[a,*], J. A. Wissmann [b] , M. S. de Lima Dias[a] , C. A. C. Lyra[a], M. G. de A. Specht[a]

[a]*Polícia Científica de Pernambuco(PCIPE), Recife(PE), Brasil*
[b] *Polícia Científica do Estado do Paraná (PCIPR), Cascavel(PR), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: abner..queiroz@policiacientifica.pe.gov.br Tel.: +55-81-98568-2917*

Palavras-chave: Engenharia Forense; Colapso Estrutural; Carbonatação do Concreto; Laje Nervurada; Oficina Mecânica.

1. INTRODUÇÃO

O diagnóstico de colapsos estruturais em centros urbanos representa um dos campos mais complexos e cruciais da Engenharia Forense. Este trabalho aborda a análise pericial criminal conduzida pelo Setor de Engenharia Legal do Instituto de Criminalística Professor Armando Samico (ICPAS-PE) em um imóvel comercial que operava como oficina mecânica no bairro de Afogados, Recife – PE, onde ocorreu um severo colapso estrutural da laje de cobertura.

O objetivo precípuo deste estudo consiste na investigação e registro dos elementos materiais remanescentes no local para identificar a configuração construtiva original, mapear as manifestações patológicas proeminentes e deduzir o provável mecanismo de ruptura que culminou no desabamento brando, por meio de modelagem matemática e ensaios químicos expeditos.

2. METODOLOGIA E LIMITAÇÕES DA INSPEÇÃO

A metodologia técnico-pericial fundamentou-se em engenharia diagnóstica reversa, compreendendo inspeção visual direta dos escombros, levantamento métrico detalhado dos elementos estruturais acessíveis e reconstrução geométrica tridimensional da planta afetada. Avaliaram-se de forma pormenorizada as condições de apoio das nervuras, a integridade da capa de compressão de concreto, o arranjo estrutural das alvenarias e o padrão de corrosão das armaduras.

Realizou-se ensaio químico qualitativo por aspersão de solução indicadora de fenolftaleína em fragmentos recém-fraturados do concreto para determinação da frente de carbonatação. Face à urgência de isolamento do local e indisponibilidade de equipamentos de laboratório em campo, não foram realizados ensaios destrutivos como extração de testemunhos para compressão axial.

3. DESCRIÇÃO DO LOCAL E DA ESTRUTURA

O estabelecimento possuía geometria retangular alongada com 15,70 m de profundidade e 4,25 m de largura útil, apresentando pavimento único térreo com a laje posicionada na cota vertical de +2,60 m em relação ao piso. A cobertura consistia em telhas de fibrocimento sustentadas por trama de madeira descarregada diretamente sobre o plano superior da laje. O ambiente interno de oficina mecânica caracteriza-se por elevada agressividade ambiental devido à emissão contínua de gases de combustão, fuligem, graxas e flutuações hidrotérmicas severas.



Figura 1. Imóvel que teve o colapso da laje nervurada

Tabela 1. Parâmetros geométricos nominais da laje avaliada.

Parâmetro Estrutural	Regular
Vão Livre entre Apoios	4,25 m
Espessura Total da Seção (h)	16,0 cm
Espessura da Capa de Concreto (hc)	4,0 cm
Altura do Elemento de Enchimento (he)	12,0 cm

4. ANÁLISE DOS VESTÍGIOS E DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO

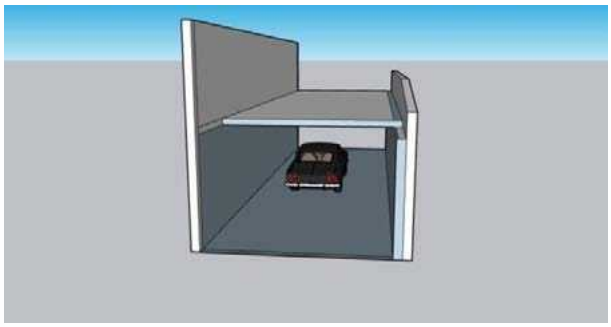


Figura 2. Representação esquemática adaptada, desenvolvida no software SketchUp, da laje analisada, vinculada por chumbamento à alvenaria em uma extremidade e apoiada diretamente sobre parede de alvenaria de vedação na extremidade oposta

Deficiências de Vínculos e Inexistência de Sistema Portante

A inspeção detalhada in loco revelou a total ausência de elementos estruturais primários obrigatórios, como vigas de transição e pilares de concreto armado destinados a receber e transmitir as cargas da laje às fundações. A estrutura descarregava sobre alvenarias de vedação executadas com blocos cerâmicos comuns, desprovidos de resistência mecânica certificada para fins portantes, infringindo frontalmente os preceitos de dimensionamento estrutural.

Perda de Seção das Armaduras e Incompatibilidade de Eletrodutos

A medição micrométrica das armaduras longitudinais remanescentes nos escombros indicou bitolas nominais altamente fracionadas de 9,35 mm e 4,92 mm. Sob a ótica da engenharia diagnóstica forense, esses valores atípicos em relação às bitolas comerciais padrão de 10,0 mm e 5,0 mm comprovam uma severa perda de seção transversal metálica induzida por oxidação galvânica crônica, reduzindo a capacidade resistente à flexão a patamares inferiores aos limites de segurança.

5. RESULTADOS E DISCURSÕES

5.1 Mecanismo de Carbonatação do Concreto

A aspersão da solução de fenolftaleína nos fragmentos de concreto coletados resultou em ausência total de alteração cromática (permanecendo incolor), o que atesta que o concreto apresentava pH inferior a 9, caracterizando um avançado estado de carbonatação difusa em toda a sua matriz porosa. A reação química do dióxido de carbono ambiental (CO2) com o hidróxido de cálcio [Ca(OH)2] destruiu a camada passivadora que protegia o aço contra processos corrosivos

5.2. Análise por Modelagem Numérica Computacional

Para avaliar a influência da perda progressiva de rigidez das ligações de extremidade, os peritos simularam a vigota no software Ftool sob um modelo matemático linear de comportamento estrutural. Inicialmente, o chumbamento na edificação vizinha foi modelado como um vínculo semirrígido elástico, gerando uma linha estável de deformações e distribuição harmônica de momentos fletores.

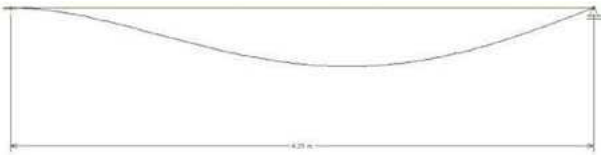


Figura 3. E Deformação da vigota considerando vínculo semirrígido na extremidade chumbada e apoio simples na extremidade oposta

Entretanto, as evidências levantadas durante a perícia indicaram a ocorrência de processos patológicos de longa duração, incluindo infiltrações recorrentes, carbonatação do concreto, corrosão das armaduras e consequente redução de sua seção resistente. Tais mecanismos promovem deterioração progressiva da aderência aço/concreto e redução da capacidade de transferência de esforços entre a vigota e o elemento de apoio, ocasionando perda gradual da rigidez rotacional originalmente proporcionada pelo chumbamento.

Em situação limite, o vínculo originalmente semirrígido pode perder substancialmente sua eficácia estrutural, fazendo com que a estabilidade do sistema passe a depender de mecanismos resistentes residuais cada vez mais precários.

Foi então avaliada a influência da perda progressiva de rigidez dessa ligação, hipótese compatível com os mecanismos patológicos identificados durante a inspeção, tais como infiltrações recorrentes, carbonatação do concreto, corrosão das armaduras e redução de sua seção resistente.

Os resultados demonstram que a estabilidade estrutural dependia diretamente da capacidade resistente e da rigidez fornecidas pelo vínculo chumbado. Quando as restrições associadas a essa ligação são eliminadas, conduz o modelo matemático a uma condição de instabilidade (hipostática), circunstância em que o software Ftool emite a mensagem de erro "Unstable Frame" impossibilitando a geração dos diagramas de esforços e deformações. Embora essa situação represente uma idealização teórica extrema, o resultado evidencia que a estabilidade da estrutura dependia diretamente da capacidade resistente e da rigidez fornecidas pela ligação chumbada.

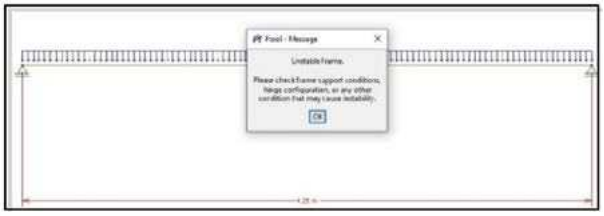


Figura 4. Indicação de instabilidade estrutural após a supressão das restrições associadas ao vínculo degradado

6. CONCLUSÕES

A análise pericial de engenharia forense demonstrou que o colapso estrutural da laje nervurada foi determinado pela concorrência fatal de graves deficiências de concepção construtiva e processos patológicos severos de longa duração. A total ausência de pilares e vigas de respaldos, o apoio inadequado em blocos cerâmicos de vedação e o embutimento danoso de eletrodutos fragilizaram geometricamente a laje.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 14859-1: Lajes pré-fabricadas - Requisitos - Parte 1: Lajes unidirecionais*. Rio de Janeiro: ABNT. 2002

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT, 2026.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho*. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

Cárdenas, A. Andrade, C. *"Mecanismos de carbonatación y corrosión en estructuras de hormigón armado".* Revista Iberoamericana de Ingeniería Structural 11(2): 85-99, 2007.

Gomide, T. L. F., Neto, J. C. P. Gullo, M. A. 2009. *Engenharia Diagnóstica em Edificações.* São Paulo: Pini.

WISSMANN, J. A. et al. Engenharia Forense – Desabamentos e Soterramentos. 1 ed. Campinas: Millenium Editora, v. 1. 438p, 2024.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Capacitação Pericial e Segurança Pública Baseada em Evidências: Resultados e Desdobramentos do Projeto Trilhas de Evidências

C. M. Kaneto[a,c], A. C. S. Souza[d], M. A. O. Lima[b]

[a]*Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, Brasil*
[b]*Departamento de Polícia Técnica do Estado da Bahia, Itabuna, Bahia, Brasil*
[c]*Departamento de Polícia Técnica do Estado da Bahia, Ilhéus, Bahia, Brasil*
[d]*Departamento de Polícia Técnica do Estado da Bahia, Santo Antonio de Jesus, Bahia, Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: carla.kaneto@dpt.ba.gov.br Tel.: +55-73-991095857*

Palavras-chave: Segurança pública baseada em evidências, Capacitação Pericial, Inteligência Forense, Criminalística Aplicada.

1. INTRODUÇÃO

A administração pública contemporânea enfrenta o desafio de transitar de modelos burocráticos para gestões orientadas por resultados, onde a capacitação continuada surge como o um dos vetores de modernização institucional. No setor público, entretanto, a manutenção dessa continuidade é frequentemente obstaculizada por limitações orçamentárias, rotatividade de cargos estratégicos e a rigidez das escalas de serviço, que dificultam a liberação do servidor para o aprendizado sem prejuízo à atividade fim.

No âmbito das forças de segurança, a capacitação possui particularidades críticas. O público policial demanda uma linguagem técnica que dialogue diretamente com a realidade das ruas e dos laboratórios, rejeitando modelos puramente teóricos em favor de intervenções práticas e simulações de casos reais. Conforme aponta a literatura sobre Segurança Pública Baseada em Evidências (SPBE), o sucesso da aprendizagem policial depende da percepção de utilidade imediata do conteúdo frente aos dilemas éticos e operacionais da "ponta". Em seu trabalho, Sherman (1998) propõe que o policiamento não deve ser guiado apenas por intuição, tradição ou pressões políticas, mas sim pelas melhores evidências científicas disponíveis sobre o que efetivamente funciona para prevenir o crime e garantir a ordem. Sherman propõe ainda que as agências policiais devem se transformar em organizações de aprendizado, utilizando a pesquisa não apenas como um exercício acadêmico externo, mas como uma ferramenta de gestão cotidiana. Para viabilizar essa mudança, a proposta do autor estrutura-se em dois pilares fundamentais: a utilização de resultados de pesquisas acumuladas para guiar decisões estratégicas e a realização de avaliações internas contínuas para monitorar a eficácia das táticas aplicadas [1].

No cenário nacional, Lui e Sales, (2024) contextualizam uma problemática profunda: a segurança pública no Brasil ainda é marcada por uma baixa cultura de avaliação e por uma resistência institucional à transparência de dados. Em seu trabalho, apontam que, historicamente, as políticas de segurança brasileiras tendem a ser reativas e influenciadas por clamores públicos momentâneos ou ideologias, em vez de seguirem evidências de "o que funciona". Embora o Brasil venha apresentando um crescimento no interesse acadêmico sobre o tema, Lui e Sales destacam que ainda há uma distância considerável entre o conhecimento produzido nas universidades e a sua implementação real nas polícias militares, civis e científicas. O estudo ressalta que a ausência de bases de dados padronizadas e a fragmentação das forças de segurança dificultam a replicação de experimentos que tiveram sucesso em outros países [2].

Já o conceito central explorado no trabalho de Hobday (2017) é o foco na "tradução" do conhecimento científico, defendendo que a segurança pública baseada em evidências não deve se limitar à produção

de pesquisas acadêmicas isoladas, mas sim garantir que essas descobertas possuam um valor instrumental real para a eficácia e eficiência das operações policiais cotidianas. Sua proposta principal é oferecer um roteiro prático para a implementação, movendo o debate de "o que funciona" para "como fazer funcionar" dentro das estruturas hierárquicas e operacionais das agências de segurança [3].

Para viabilizar essa transição, o trabalho detalha a necessidade de uma criminologia mais orientada à prática, sugerindo que pesquisadores e policiais operem sob uma tradição de "engenharia", onde a evidência é utilizada para normalizar mudanças institucionais e apoiar a integração do conhecimento em todos os níveis da carreira policial. Hobday ressalta que a obra é estruturada para ser acessível tanto a novatos quanto a veteranos, propondo ferramentas que auxiliam na superação do modelo tradicional de policiamento — muitas vezes reativo e baseado em patrulhas aleatórias e prisões em massa — em favor de estratégias focadas na redução de crimes e na construção da confiança pública.

A integração entre o meio acadêmico e a atividade policial é o alicerce para essa transformação, especialmente na Polícia Científica. A perícia criminal, por natureza, é a ponte entre a ciência de ponta e o Direito. Promover o intercâmbio entre pesquisadores e peritos permite que o rigor metodológico das universidades qualifique a prova técnica, enquanto os desafios forenses pautam novas linhas de pesquisa científica.

O relatório "Strengthening Forensic Science in the United States: A Path Forward", publicado em 2009 pelo National Research Council (conhecido mundialmente como o Relatório NAS) estabelece conceitos e críticas que fundamentam a necessidade de projetos de capacitação. O conceito central do trabalho é a identificação de uma fragmentação sistêmica e a falta de rigor científico em diversas disciplinas forenses, argumentando que, com exceção do DNA nuclear, muitas técnicas (como análise de impressões digitais, marcas de mordedura, balística e análise de fibras) careciam de bases estatísticas sólidas e de validação científica rigorosa para sustentar conclusões de "individualização" ou "correspondência absoluta". Como conclusão principal, o relatório estabelece que o fortalecimento da ciência forense exige um investimento massivo em pesquisa acadêmica básica e formação continuada, forçando a comunidade pericial a adotar uma cultura de transparência e rigor metodológico. Esse diagnóstico reforça a importância de iniciativas que unam o conhecimento acadêmico à prática operacional, garantindo que a prova pericial no tribunal seja, de fato, o resultado de uma ciência robusta e não apenas de uma técnica subjetiva [4].

O desenvolvimento de ações de capacitação continuada justifica-se pela necessidade de institucionalizar o conhecimento. Ao unir o saber acadêmico à experiência prática, fortalece-se não apenas a técnica pericial, mas a própria segurança jurídica do sistema de justiça criminal, garantindo que as decisões governamentais e as condenações judiciais sejam pautadas em evidências robustas e inquestionáveis.

No entanto, para que o policiamento baseado em evidências floresça no cenário nacional, é necessário investir na formação contínua dos profissionais e na criação de mecanismos que institucionalizem a pesquisa científica dentro dos órgãos de segurança, permitindo que a ciência atue como um suporte para a legitimidade policial e para a eficiência do gasto público.

Neste contexto, o projeto Trilhas de Evidências teve como objetivo central institucionalizar uma cultura de gestão e prática pericial baseada em dados, capacitando peritos criminais para a aplicação de metodologias científicas validadas e o uso estratégico da inteligência forense. A iniciativa justifica-se pela necessidade crítica de superar a fragmentação técnica e o isolamento entre o meio acadêmico e a atividade policial, conforme preconizado por diretrizes internacionais como o Relatório NAS (2009). Ao promover uma formação continuada que traduz evidências científicas em ferramentas instrumentais de campo, o projeto busca garantir a robustez técnica dos laudos periciais, reduzir subjetividades e aumentar a eficiência do sistema de justiça criminal, assegurando que a prova técnica seja um pilar inquestionável de segurança jurídica e legitimidade institucional.

2. METODOLOGIA

A execução do projeto Trilhas de Evidências foi delineada para garantir a descentralização do conhecimento e o fortalecimento das unidades operacionais da região sul da Bahia. A estratégia metodológica fundamentou-se na realização de três eventos presenciais distintos, sediados nas cidades de Ilhéus, Itabuna e Valença. Estas localidades foram escolhidas estrategicamente por sediarem as Coordenadorias Regionais de Polícia Técnica (CRPTs) que compõem a Macrorregional Mata Sul, funcionando como polos irradiadores de boas práticas periciais para as suas respectivas áreas de atuação.

O público-alvo concentrou-se estritamente em Peritos Criminais, visando o nivelamento técnico de alta complexidade. Para assegurar a transparência e a de-

mocratização do acesso, o processo de recrutamento utilizou canais oficiais de comunicação eletrônica interna, permitindo uma ampla divulgação institucional. Essa estratégia de mobilização digital possibilitou a participação de peritos lotados em diferentes localidades, fomentando um ambiente de intercâmbio de experiências entre profissionais de variadas realidades operacionais.

Do ponto de vista pedagógico, a metodologia adotou o paradigma da Andragogia Experimental aplicada às Ciências Forenses, estabelecendo um nexo indissociável entre o rigor técnico e a pragmática de campo. O fluxo de aprendizagem imersiva foi estruturado em três eixos temáticos fundamentais, distribuídos entre as sedes: A integração entre criminalística e tanatologia no exame perinecroscópico, a decodificação de logografias criminais através da inteligência visual e a análise de vestígios biológicos e manchas de sangue em locais de crime.

O fluxo metodológico foi dividido em três eixos complementares:

2.1. Eixo Teórico-Conceitual (Nivelamento e Rigor)

Nesta fase, o projeto estabelece a base científica necessária para a interpretação dos vestígios. Não se trata de uma exposição puramente acadêmica, mas de um resgate de fundamentos químicos, físicos e biológicos aplicados, como:

- **Propriedades físico-químicas:** Análise das propriedades do sangue e interação com suportes.
- **Fundamentos Médico-Legais:** Integração entre a criminalística e a tanatologia para exames perinecroscópicos.
- **Doutrina de Inteligência:** Estudo do ciclo da produção de conhecimento e fenomenologia das organizações criminais.

2.2. Eixo de Tradução Metodológica (Protocolos e Ferramentas)

O diferencial do projeto reside na "tradução" da ciência para protocolos operacionais padronizados. Isso é evidenciado pela introdução de ferramentas e critérios técnicos específicos, tais como:

- **Protocolo M.A.P.S.C.:** Metodologia de Análise de Probabilidade da Simbologia Criminal para a decodificação de logografias de facções.
- **Classificação de Perfis:** Padronização da nomenclatura e interpretação de manchas de sangue (*spatters*, gotejamentos, manchas de contato e alteradas).
- **Roteiro de Perinecroscopia:** Estabelecimento de protocolos de varredura técnica (vestígios intrínsecos e extrínsecos) para garantir a integridade da prova.
- 2.3. Eixo Prático-Laboratorial (Simulação e Análise de Casos)

A metodologia culmina em módulos práticos, onde o conhecimento é testado em ambientes controlados que mimetizam a realidade do perito criminal:

- **Oficinas de Produção:** Criação e interpretação de padrões de manchas de sangue para determinação de cronologia e dinâmica.
- **Estudos de Casos Reais:** Discussão de casos complexos para exercitar o raciocínio reconstrutivo.
- **Dinâmicas de Campo:** Exercícios de identificação de padrões de facções criminais e análise visual de ambientes.

Ao encerramento de cada etapa, foi aplicado um questionário avaliativo de efetividade aos participantes, instrumento fundamental para a mensuração do impacto da ação capacitante. O objetivo precípuo desta avaliação transcende a aferição da satisfação imediata; buscando validar a aplicabilidade técnica dos conteúdos na rotina pericial, identificar lacunas remanescentes e mensurar a percepção de relevância da Segurança Pública Baseada em Evidências (SPBE) para a tomada de decisão. Essa prática de monitoramento objetiva assegurar a governança do projeto, permitindo ajustes metodológicos em tempo real e garantindo que o investimento em educação continuada se converta efetivamente em maior segurança jurídica e qualidade na produção da prova material.

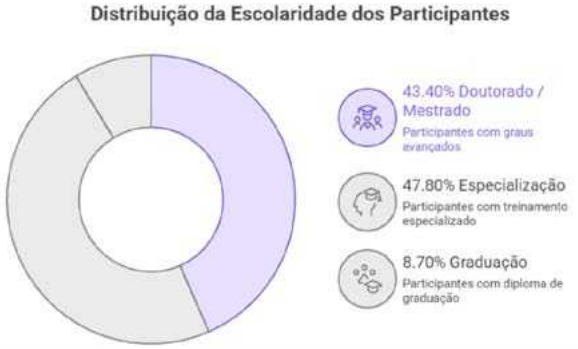
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir dos questionários de efetividade revelam um perfil de público com alto amadurecimento acadêmico e institucional, fator que corrobora a necessidade de capacitações de densidade científica elevada. A amostra apresentou uma qualificação superior notável, com 43,4% dos peritos criminais possuindo títulos de pós-graduação *stricto sensu* (Mestrado ou Doutorado), enquanto 47,8% detêm especializações *lato sensu*. Quanto à experiência profissional, observou-se uma predominância de servidores em início e meio de carreira, com 65,2% possuindo menos de 5 anos de serviço, o que sugere o papel deste tipo de projeto como um pilar de formação estratégica para a nova geração da perícia criminal baiana.

Tabela 1. Perfil dos Participantes

Variável	Categoria	Porcentagem (%)	Frequência
Escolaridade	Doutorado / Mestrado	43,4%	10
JS	Especialização	47,8%	11
Tm	Graduação	8,7%	2
Tempo de Serviço	5 anos	65,2%	15
VRN	5 a 10 anos	26,1%	6
	10 anos	8,7%	2

Figura 1. Perfil dos participantes quanto ao grau de escolaridade..



No que tange à percepção de relevância, os indicadores de impacto foram contundentes: 95,6% dos participantes classificaram os conteúdos como "Extremamente Relevantes" para o cotidiano da atividade policial. O projeto logrou êxito em fortalecer a cultura de dados, com 100% de concordância sobre sua importância para a institucionalização de evidências no órgão. A eficácia pedagógica foi ratificada pela avaliação da didática dos instrutores e da adequação da linguagem técnica, que obteve 91,3% de aprovação máxima, indicando que a tradução do conhecimento acadêmico para a realidade operacional foi processada de forma assertiva.

Um dos achados mais significativos para a criminalística reside na aplicabilidade prática: 82,6% dos peritos afirmaram ter "Certeza de Utilização" das metodologias — como a análise de manchas de sangue e o protocolo M.A.P.S.C. — na elaboração de seus laudos periciais. Além disso, 47,8% relataram que o projeto já provocou impactos significativos na mudança de processos de integração entre diferentes áreas e forças de segurança.



Figura 2. O projeto demonstrou alta relevância, eficácia e impacto na atividade pericial criminalística.

Entretanto, a discussão dos resultados também aponta desafios estruturais. Aproximadamente 30% dos respondentes manifestaram concordância apenas parcial quanto à facilidade de aplicação imediata, citando limitações de tempo e recursos logísticos nas unidades operacionais como barreiras externas ao conhecimento técnico. As sugestões colhidas reforçam a demanda por educação continuada, com ênfase na ampliação de vagas e na inclusão de temas como balística terminal e reproduções simuladas.

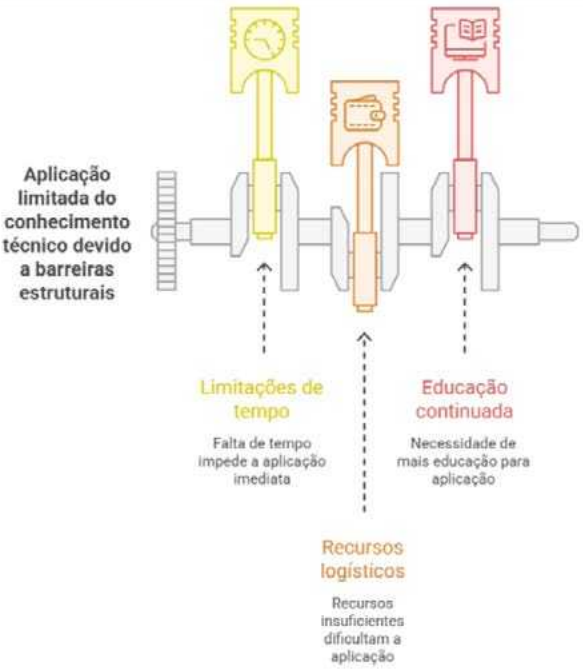


Figura 3. Deafios estruturais quanto à facilidade de aplicação imediata dos conhecimentos adquiridos.

Os resultados referentes à contribuição do projeto para o desenvolvimento profissional no campo da Segurança Pública Baseada em Evidências (SPBE) demonstram um impacto excepcional na percepção dos participantes. Dos 23 peritos criminais respondentes, 100% afirmaram que a ação capacitante contribuiu positivamente para a sua compreensão sobre o tema, indicando uma aceitação unânime da metodologia proposta. De forma mais detalhada, a intensidade dessa contribuição foi classificada como "Extrema" por 82,6% da amostra,

enquanto os demais 17,4% consideraram a contribuição como "Muito Alta". Estes dados são particularmente significativos ao considerar que quase metade do público (43,4%) já possui formação acadêmica em nível de Mestrado ou Doutorado, o que ratifica que o projeto logrou êxito em "traduzir" conceitos teóricos complexos em ferramentas instrumentais de alta aplicabilidade prática. A ausência de respostas nas categorias de baixa ou nenhuma contribuição reforça a efetividade do Trilhas de Evidências como um vetor de mudança cultural, movendo a prática pericial para um modelo de gestão e execução pautado rigorosamente em dados e evidências científicas validadas.

A análise qualitativa das respostas indica que a contribuição se deu em três pilares fundamentais:

- Transição de Paradigma: Os peritos relataram uma melhor compreensão da mudança do modelo baseado apenas na "experiência individual" para um modelo baseado em protocolos científicos validados e evidências estatísticas.
- Valorização da Prova Técnica: Houve uma percepção clara de que a SPBE eleva a segurança jurídica do laudo pericial. Ao entender a ciência por trás da evidência, o perito sente-se mais seguro para defender suas conclusões em juízo.
- Cultura de Dados: O resultado mostra que o projeto foi eficaz em "vender" a ideia de que a perícia criminal é a principal geradora de dados de qualidade para a segurança pública, transformando o vestígio isolado em inteligência estratégica.

4. CONCLUSÕES

Os resultados alcançados pelo projeto Trilhas de Evidências confirmam que a adoção do modelo de Segurança Pública Baseada em Evidências (SPBE) é não apenas viável, mas essencial para a modernização da perícia criminal. A convergência entre o rigor acadêmico — evidenciado pelo expressivo contingente de mestres e doutores na amostra (43,4%) — e a aplicação prática imediata resultou em uma aceitação unânime da metodologia, com 100% de reconhecimento positivo quanto à contribuição para o desenvolvimento profissional. O projeto demonstrou que a "tradução" do conhecimento científico em protocolos operacionais, como o M.A.P.S.C. e as técnicas avançadas de análise de manchas de sangue, é o caminho para reduzir a subjetividade nos laudos e elevar a segurança jurídica das provas materiais produzidas.

A análise dos indicadores de efetividade revela que o principal impacto deste tipo de projeto é a mudança de cultura institucional: ao compreenderem a ciência por trás dos vestígios, os peritos passam a atuar não apenas como técnicos, mas como agentes de inteligência forense proativos. Contudo, a identificação de barreiras logísticas e temporais para a aplicação plena dos novos métodos por parte de 30% dos participantes indica que a capacitação isolada não é suficiente, sendo necessária uma política de gestão que acompanhe a evolução técnica com o aporte de recursos e a otimização de fluxos de trabalho.

A consolidação do conhecimento se processa através de um robusto eixo prático-laboratorial, onde a carga horária é predominantemente dedicada à reprodução de fenômenos e ao estudo de casos complexos. Por meio de oficinas de produção de manchas de sangue (como *spatters*, padrões de impacto e projeção), os participantes exercitaram o raciocínio reconstrutivo necessário para a determinação de cronologias e dinâmicas de eventos violentos. Essa abordagem permite que o perito realize a varredura técnica de vestígios intrínsecos e extrínsecos com maior acuidade, garantindo a integridade da cadeia de custódia e a robustez do laudo pericial. Ao integrar o ciclo de inteligência — desde o planejamento e reunião de dados até a difusão do conhecimento — a metodologia assegura que a capacitação transcenda o treinamento técnico isolado, convertendo-se em uma ferramenta estratégica de fortalecimento da prova material e, consequentemente, da segurança jurídica no sistema de justiça criminal.

Por fim, diante da elevada demanda reprimida e das sugestões de expansão colhidas, conclui-se que projetos de capacitação desta natureza devem ser institucionalizados como programas contínuos e permanentes. Recomenda-se a replicação em outras macrorregionais do estado, com a inclusão de novos módulos temáticos solicitados, como balística terminal e reconstrução de crimes em 3D. A transformação da Polícia Técnica em uma organização de aprendizado, conforme proposto por Sherman (1998), demonstra ser o passo definitivo para garantir que o sistema de justiça criminal brasileiro seja pautado pela verdade científica e pela eficiência no gasto público.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam sua gratidão à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio financeiro concedido. Estendem os agradecimentos à Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), à Universidade de Excelência (UNEX) Itabuna e à Faculdade de Educação Social da Bahia (FAESB) Valença pelo suporte institucional. Agradecem, ainda, aos peritos criminais Susyara Medeiros e

Daniel Soares, bem como ao policial penal Yuri Lopes (cedido ao MP-BA), pela valiosa contribuição e pelo compartilhamento de conhecimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] SHERMAN, L. W. **Evidence-Based Policing**. Ideas in American Policing. Washington, DC: Police Foundation, 1998.

[2] LUI, J.; SALES, T. **Segurança Pública Baseada em Evidências no Brasil: Desafios e Perspectivas**. São Paulo: Editora Acadêmica, 2024.

[3] HOBDAY, J. **Evidence-Based Policing: Translating Research into Practice**. Review of the work by Cynthia Lum and Christopher Koper. Oxford: Oxford University Press, 2017.

[4] NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Strengthening Forensic Science in the United States: A Path Forward**. Washington, DC: The National Academies Press, 2009.

L. P. C. Costa, T. R. Fagundes, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Especialização do trabalho policial e pericial segundo os tipos de investigação: uma discussão teórico-conceitual

L. P. C. Costa[1,*], T. R. Fagundes[2]

[1]*Perita Criminal, Polícia Científica de Goiás, Goiânia (GO), Brasil*
[2]*Perito Criminal, Polícia Científica de Goiás, Goiânia (GO), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: leticiapccosta@gmail.com.*

Palavras-chave: Perícia Criminal; Criminalística; Especialização Funcional; Gestão da Segurança Pública; Racionalização Organizacional.

1. INTRODUÇÃO

A organização do trabalho pode ser compreendida como a prática de execução das tarefas nas instituições, considerando diferentes formas de realização laboral. Anttila, Oinas e Mustosmäki [1] descrevem que essas formas variam em um espectro que vai desde estruturas altamente formalizadas, com regras rígidas e maior controle, até modelos mais flexíveis, que possibilitam autonomia, envolvimento e aprendizado dos empregados. A especialização do trabalho nas grandes organizações evoluiu em consonância com a complexidade das sociedades, sendo delimitada em quatro marcos históricos [2]. O primeiro corresponde ao período pré-industrial, marcado pela especialização dos ofícios, em que o saber fazer estava centrado na figura do artesão [3]. O segundo marco surge com a Revolução Industrial, no século XVII, quando Adam Smith [4], em "A Riqueza das Nações", descreve a fragmentação das tarefas, substituindo a especialização por profissão pela repetição de tarefas específicas. O terceiro momento é caracterizado pelo taylorismo e pela Administração Científica, no início do século XX, em que Frederick W. Taylor (1856–1915) [5] propõe a aplicação de métodos científicos aos problemas administrativos, separando o planejamento da execução e consolidando a especialização funcional. Fayol [6], por sua vez, complementa essa abordagem ao propor uma racionalização global da estrutura administrativa [3]. Weber [7], com a Teoria Burocrática, acrescenta a ênfase na racionalidade e eficiência, consolidando a departamentalização como forma de especialização [2]. O quarto marco corresponde ao cenário moderno, em que Barnard [8] introduz a especialização flexível, baseada em competências e na coordenação de propósitos. Posteriormente, Drucker [9] revisita os princípios clássicos com foco em resultados, enquanto a Abordagem Contingencial [10] enfatiza a adaptação ao ambiente. No setor público, a especialização do trabalho assume relevância particular. Trata-se da distribuição das atividades do Estado entre cargos, funções e carreiras com competências específicas, refletindo o modelo burocrático de administração pública. Esse modelo se fundamenta na separação entre público e privado, na padronização de rotinas e na profissionalização dos servidores [11]. A divisão do trabalho pela competência técnica busca aumentar a racionalidade, previsibilidade e eficiência da atuação estatal, garantindo impessoalidade, qualidade técnica das decisões e continuidade do serviço público. Nesse contexto, emerge a gestão de competências como estratégia de eficácia organizacional, articulando o desenvolvimento humano e social dos servidores às necessidades da gestão [12]. No âmbito da segurança pública, a perícia oficial de natureza criminal constitui exemplo paradigmático da especialização do trabalho [13]. Trata-se de atividade técnica realizada por profissionais habilitados, vinculados ao Estado, com o objetivo de produzir provas periciais fundamentadas na Criminalística, ciência forense multidisciplinar voltada ao reconhecimento, coleta e interpretação de vestígios materiais relacionados a crimes [13]. A interdisciplinaridade da perícia permite a atuação de

especialistas diversos, reforçando sua importância para a efetividade da justiça criminal [14]. O laudo pericial, nesse contexto, é documento indispensável para instruir inquéritos policiais e subsidiar decisões judiciais [15]. Cruz [16] destaca que o trabalho pericial possui natureza visum et repertum, ou seja, ver e reportar. Essa especialização é central na elucidação de delitos que deixam vestígios, conforme previsto no Código Penal [17], permitindo análises técnico-científicas aprofundadas em crimes contra a vida, contra o patrimônio e de trânsito.

2. METODOLOGIA

Diante desse panorama, o presente trabalho tem como objetivo discutir, de forma teórico-conceitual, os fatores organizacionais e estratégicos que fundamentam a especialização do trabalho policial e pericial segundo os diferentes tipos de investigação, confrontando esse modelo especializado com abordagens generalistas de atuação, comumente adotadas em unidades de menor porte ou mais distantes dos grandes centros urbanos. Trata-se de ensaio teórico, de natureza aplicada, fundamentado no método de raciocínio científico dedutivo, partindo dos fundamentos gerais das teorias organizacionais clássicas e contemporâneas — como a especialização funcional, a departamentalização e a gestão por competências — para discutir, a partir deles, os fatores que justificam ou não a criação de unidades e seções especializadas de investigação policial e pericial. A pesquisa se apoia em revisão bibliográfica e documental, articulando a literatura sobre organização do trabalho, burocracia e gestão pública com a literatura específica sobre Criminalística e ciências forenses, de modo a construir um referencial teórico aplicável à discussão sobre estruturação de unidades policiais e periciais.

3. DISCUSSÃO

Do ponto de vista teórico, discute-se que a especialização tende a se justificar quando o volume e a complexidade das demandas de determinado tipo de investigação superam a capacidade de resposta de um modelo generalista, permitindo maior aprofundamento técnico-científico, agilidade na elucidação dos casos e uniformidade metodológica na produção da prova; por outro lado, em contextos de menor demanda, o modelo generalista pode se mostrar mais adequado, por otimizar recursos humanos e materiais escassos sem comprometer significativamente a qualidade do atendimento. Discute-se ainda que a decisão entre especializar ou manter equipes generalistas não deve se pautar exclusivamente em critérios quantitativos, mas também na complexidade técnica exigida por cada tipo de investigação, na disponibilidade de capacitação continuada dos profissionais e no impacto da especialização sobre a celeridade processual e a qualidade da prova produzida.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que a especialização do trabalho policial e pericial constitui estratégia de racionalização organizacional relevante para instituições de segurança pública, alinhando-se às abordagens contemporâneas de gestão por competências e contribuindo para a efetividade da investigação criminal, mas que sua implantação deve ser ponderada à luz do equilíbrio entre a qualidade do serviço prestado ao cidadão e a responsabilidade na gestão dos recursos públicos, cabendo às instituições avaliar continuamente, para cada tipo de investigação, se o modelo especializado ou o generalista melhor atende às suas demandas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTTILA, T.; OINAS, T.; MUSTOSMÄKI, A. *Work organization and well-being.*
2019.

KÖHLER, T.; RAUSCH, A.; BIEMANN, T.; BÜCHSENSCHUSS, M. *Work*
specialization in organizations. 2025.

PIRES, A.; MATOS, F. *História da administração.* Lisboa: Escolar Editora, 2006.

SMITH, A. *A riqueza das nações.* Londres: W. Strahan and T. Cadell, 1776.

TAYLOR, F. W. *The Principles of Scientific Management.* New York: Harper & Brothers, 1911.

FAYOL, H. *Administration industrielle et générale.* Paris: Dunod, 1916.

WEBER, M. *Economia e sociedade.* Tübingen: Mohr, 1940.

BARNARD, C. *The Functions of the Executive.* Cambridge: Harvard University Press, 1938.

DRUCKER, P. *The Practice of Management.* New York: Harper & Row, 1950.

LAWRENCE, P. R.; LORSCH, J. W. *Organization and Environment: Managing Differentiation and Integration.* Boston: Harvard Business School, 1967.

PEREIRA, L. C. B. *A reforma do Estado nos anos 90.* São Paulo: Editora 34, 2001.

SILVA, J.; MELO, R.; TORRES, A. *Gestão de competências no setor público.* Brasília: ENAP, 2012.

RIBAUX, O.; WALSH, S. J.; MARGOT, P. The contribution of forensic science to crime analysis and investigation: forensic intelligence. *Forensic Science International*, v. 156, n. 2-3, p. 171-181, 2006.

RODRIGUES, C. H. P. et al. A interdisciplinaridade e a pluralidade da Ciência Forense. *Revista Brasileira de Criminalística*, v. 14, n. 1, 2025.

PRADO, L. F. *Perícia Criminal: a efetividade do laudo pericial no inquérito policial.* 2014. TCC (Curso de Especialização em Segurança Pública e Justiça Criminal).

CRUZ, F. *Análise do tempo de entrega de laudos periciais em atendimentos de locais de crime.* 2014. Tese (Doutorado em Estatística).

BRASIL. Decreto-Lei n. 3.689, de 3 de outubro de 1941. *Código de Processo Penal.* Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 13 out. 1941.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Do contexto investigativo à evidência: qualificando a coleta de DNA de contato em veículos

L. S. Beltrami[a*], U. V. Pereira[a], G. L. Kortmann[a]

[a]*Instituto-Geral de Perícias, Departamento de Perícias Laboratoriais, Porto Alegre (RS), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: laiana-beltrami@igp.rs.gov.br. Tel.: +55-51-9969-12925*

Palavras-chave: Solicitação de perícia; Questionário eletrônico; DNA de contato; Veículos

1. INTRODUÇÃO

A análise de amostras de DNA de contato em veículos tem se tornado uma ferramenta cada vez mais relevante na atividade pericial, especialmente diante do avanço das técnicas de genética forense [1]. As coletas normalmente são realizadas em superfícies nas quais há maior probabilidade de contato das mãos, como volantes, alavancas de câmbio, maçanetas, entre outras [2,3], porém a coleta indiscriminada de todas as superfícies, em formato de varredura, torna-se inviável. Nesse sentido, a Comissão Nacional de Ciência Forense dos Estados Unidos descreve que declarações e informações a respeito da dinâmica de uma ocorrência policial podem ser relevantes para a tarefa de tomada de decisão referente a quais evidências coletar em um local de crime ou quais exames são necessários [4]. Corroborando isso, o estudo de Gardner e colaboradores (2019) revelou que 75% dos profissionais que realizam o levantamento de locais de crime consideram informação relevante a sinopse do caso [5]. A nível nacional, é relevante também apontar que o Manual de Procedimentos da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos nacional preconiza que os perfis genéticos obtidos de amostras colhidas de local de crime possam ser atribuídos ao autor do crime. Dessa forma, com o objetivo de evitar coletas de amostras não relacionadas ao autor, um contexto investigativo mínimo se torna primordial para balizar as coletas de amostras em veículos, a fim de qualificar as mesmas [6]. Diante desse cenário, criou-se a necessidade de levantar dados a respeito do histórico e do contexto investigativo dos veículos submetidos à coleta de DNA de contato. Dessa forma, como ferramenta de melhoria no processo de informação, a Direção do Departamento de Perícias Laboratoriais do IGP-RS alterou o fluxo de acionamento das perícias em abril de 2025, incluindo um instrumento padronizado contendo perguntas direcionadas às Delegacias de Polícia responsáveis pelo acionamento pericial. O objetivo do presente estudo é apresentar o questionário elaborado e avaliar as respostas recebidas desde a implementação, a fim de se verificar a eficácia do instrumento na obtenção do histórico e do contexto investigativo do veículo, bem como avaliar as coletas de material biológico de contato realizadas nesses veículos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Elaboração do questionário

O questionário foi elaborado na ferramenta Microsoft Forms e encaminhado às Delegacias de Polícia por e-mail após o recebimento da solicitação de coleta. Em relação ao contexto investigativo, as perguntas incluídas foram:

- Qual o tempo de permanência do suspeito com o veículo?
- Indivíduos de interesse na perícia (suspeito ou vítima).
- Número de vítimas e suspeitos envolvidos (se conhecido).
- Posição ocupada pelos criminosos e vítimas dentro do veículo (traseira/dianteira, direita/esquerda) (se conhecido).

2.2 Avaliação das respostas relacionadas ao histórico e contexto investigativo

Foram avaliados 49 questionários do período de abril de 2025 a janeiro de 2026. Para considerar que uma resposta ao formulário foi útil na obtenção de histórico e contexto investigativo, foram desconsideradas respostas como 'Desconheço', 'não sei', 'não tenho informação' ou equivalentes e a ausência de resposta. As respostas consideradas úteis foram aquelas que traziam informações e efetivamente contribuíam para a definição de locais prioritários de coleta, entendimento da dinâmica do crime e identificação de vítimas e suspeitos.

2.3. Avaliação das coletas

A fim de se verificar se os questionários auxiliaram nas coletas, os Laudos emitidos após as coletas foram cotejados com as respostas dos questionários que traziam informações do histórico, e contexto investigativo.

2.4. Posição no veículo e coletas

Foi realizada uma análise de concordância considerando a posição dos criminosos informada no formulário e a posição efetiva da coleta de superfícies com auxílio de *swab*. Considerou-se uma coleta com "Concordância total": quando todas as posições informadas foram contempladas, na ausência de coletas extras em outras posições; "Concordância com mais coletas": todas as posições informadas foram contempladas, com ampliação de coletas em outras posições do veículo; "Discordante": ausência de contemplação de ao menos uma das posições informadas. Um caso que contemplava apenas a busca da vítima no veículo foi excluída dessa análise.

3. RESULTADOS

3.1. Avaliação das respostas relacionadas ao histórico e contexto investigativo

O campo "Indivíduos de interesse" apresentou resposta útil em 100 % das respostas. Por outro lado, informações de maior valor operacional para o planejamento da coleta, especialmente posição no veículo e objetos associados ao fato, apresentaram taxas significativamente menores, indicando fragilidade informacional para a definição da estratégica da perícia (Tabela 1).

Tabela 1. Porcentagem de respostas úteis ao formulário

Confronto	Resultado
Informação avaliada	Respostas úteis
Tempo de Permanência	35/49 (71%)
Indivíduos de interesse	49 / 49 (100%)
Número de indivíduos	30 / 49 (61%)
Posição ocupada por criminosos e/ou vítimas	26 / 49 (53%)
Informações sobre objetos	11 / 49 (22%)

3.2. Avaliação das coletas

A média geral de número de amostras coletadas por veículo foi de 3,6, sendo que houve coleta para identificação do motorista em 44 (89%) dos casos. Observou-se predominância da coleta de volante (42 registros), seguida por câmbio (30) e freio de mão (12), compondo o núcleo de superfícies associadas à condução. Maçanetas de portas, especialmente nas posições de motorista e carona, surgem como pontos complementares frequentes (Figura 1).



Figura 1. Nuvem de palavras gerada pelo Microsoft Copilot. Cada palavra aparece com um tamanho proporcional ao número de vezes que é mencionada.

Na Tabela 2, analisou-se a relação entre o número de vítimas e suspeitos indicados pela investigação e a quantidade de materiais coletados. Não se observou aumento linear do número de materiais coletados conforme o número de indivíduos buscados, entretanto o menor e o maior valor foram encontrados, respectivamente quando havia apenas um indivíduo e 5 indivíduos de interesse sendo buscados (Tabela 2).

Tabela 2. Número de vítimas e suspeitos indicados e nº de amostras coletados.

Nº de indivíduos	Média de materiais
1 (n=11)	3,0
2 (n=7)	3,9
3 (n=5)	3,2
4 (n=5)	3,6
5 (n=2)	6

Verificou-se também que quanto maior o número de indivíduos buscados, houve uma tendência maior de se realizar coletas nas regiões traseiras do veículo (Tabela 3).

Tabela 3. Número de suspeitos e coleta traseira

Nº de suspeitos	Casos com coleta em região traseira
1 (n=11)	1 (1%)
2 (n=7)	2 (29%)
3 (n=5)	2 (40%)
4 (n=5)	3 (60%)
5 (n=2)	2 (100%)

Na Tabela 4, foi analisada a relação entre o tempo que o veículo permaneceu com os criminosos, o número deles e a quantidade de materiais coletados. O tempo de posse gerou um leve escalonamento no número de coletas, bem como o aumento de coletas de superfícies menos manipuladas, como maçanetas. Entretanto, esse aumento pode também estar relacionado ao aumento do nº de indivíduos buscados no veículo que também aumentou.

Tabela 4. Tempo do veículo com os suspeitos e nº deles e nº materiais coletados.

Tempo de posse	Amostras coletadas	Coleta de maçaneta	Criminosos buscados
≤ 2h (n=9)	2,78	2	1,25
> 2h até 24h (n=10)	3,60	5	2,38
> 24h (n=16)	4,00	6	2,90

Na Tabela 5, são apresentados os resultados relacionados à concordância entre a posição indicada pela investigação e as coletas realizadas.

Tabela 5. Concordância entre posição dos suspeitos indicada e coleta realizada.

Classificação	Nº de casos
Concordância total	14 (56%)
Concordância com mais coletas	7 (28%)
Discordante	4 (16%)

Observou-se que 84% dos questionários que trouxeram informações tiveram os pontos de coleta indicados amostrados. Dos 4 casos não aderentes, verificou-se que um deles foi a primeira coleta após a mudança de procedimento, podendo o questionário não ter sido considerado; outro teve superfícies que foram preservadas para pesquisa papiloscópica e um terceiro houve incongruência entre as informações prestadas pela delegacia, pois apesar de indicar como posições ocupadas o motorista e carona, indicava também existir apenas um criminoso.

4. DISCUSSÃO

A carência de respostas em aproximadamente metade dos questionários quanto à quantidade e posição dos indivíduos de interesse nos veículos pode não decorrer, necessariamente, de desatenção no preenchimento do formulário, mas pode refletir limitações inerentes às fases iniciais da investigação policial. Assim, a carência informacional observada não pode ser interpretada categoricamente como deficiência comunicacional isolada, mas pode indicar que a antecipação da solicitação pericial com o objetivo de preservação probatória, pode prejudicar o valor probatório das amostras coletadas efetivamente.

Em relação à quantidade e tipo de amostras colhidas, as coletas após a mudança de procedimento mantiveram-se semelhantes às coletas anteriores. Em estudo de 2024 realizado pela Divisão de Genética Forense do IGP-RS, observou-se que 30,5% das amostras foram coletadas de volantes, 30,5% de câmbios e/ou freios de mão, 27% de maçanetas e 12% de outros locais. Ainda, ao se avaliar o banco de dados utilizado para o estudo supracitado, verificou-se que média de amostras colhidas por veículo foi de 2,87 (dados não publicados) [7]. Analisando esses números de forma isolada, parece que os questionários não impactaram de forma drástica as coletas, porém ao se realizar a comparação com o período anterior verificou-se mudança significativa no padrão de coleta. Antes da adoção do questionário, aproximadamente 60 % das coletas realizadas (dados não publicados) concentravam-se exclusivamente na posição do motorista e após a adoção da ferramenta essa porcentagem tornou-se 40% para os casos em que havia indicação de posição dos suspeitos no veículo.

O número de suspeitos buscados no veículo pareceu ser uma variável que impactou também o número das coletas de regiões traseiras, esse dado pode ser claramente verificado na Tabela 3.

O tempo que o veículo permaneceu com os criminosos pode ter influenciado a tomada de decisão para as coletas realizadas, visto que devido à natureza das amostras de DNA de contato, espera-se que quanto menor o tempo de posse, superfícies menos manipuladas como maçanetas tendam a apresentar um menor potencial de obtenção de perfis genéticos. A menor obtenção de DNA de maçanetas, quando em comparação com outras superfícies como volantes já foi relatada na literatura por Bokyo e colaboradores (2020) [2].

A elevada concordância observada entre as indicações de posições ocupadas fornecidas pelo questionário e as coletas de vestígios (84%) constituiu um dos achados centrais para a avaliação da eficácia do instrumento elaborado, ainda mais se considerarmos que 3 dos 4 casos que foram classificados como discordantes possuem uma explicação para que a coleta tenha sido divergente, aumentando a porcentagem para 96%.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstram que as variáveis tempo de posse do veículo, número de indivíduos de interesse buscados (vítimas e suspeitos) e posições ocupadas no veículo atuaram como elementos qualificadores da estratégia de coleta pericial. Observou-se que, à medida que aumentam o tempo de posse e o número de indivíduos potencialmente associados ao veículo, ocorre não apenas ampliação do número de materiais coletados, mas também diversificação dos pontos de coleta, incluindo regiões menos evidentes, como áreas traseiras e maçanetas. A alta concordância entre as informações fornecidas e as regiões efetivamente amostradas evidenciam que o instrumento foi incorporado de forma funcional à prática pericial, orientando decisões técnicas concretas. Mais estudos, com um maior número de questionários respondidos e analisando também a qualidade dos perfis genéticos obtidos, são necessários e poderão definir estratégias futuras de refinamento de coletas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] P. Kumari; A. Chhikara; V. Gupta; J. Dalal. Touch DNA in forensic science: a comprehensive overview and current status of the research. *Egyptian Journal of Forensic Sciences* 16(1): art. 23 (2026).[2] C. Lenz; L.R. Flodgaard; B. Eriksen; N. Morling. Retrieval of DNA and genetic profiles from swabs taken inside cars. *Int. Congr. Ser.* 1288: 595–597 (2006).

[3] T. Boyko; B. Szkuta; R.J. Mitchell; R.A.H. van Oorschot. Prevalence of DNA from the driver, passengers, and others within a car of an exclusive driver. *Forensic Sci. Int.* 110139 (2020).

[4] National Commission on Forensic Science. Ensuring that forensic analysis is based upon task-relevant information. Views of the Commission. Washington, DC: National Commission on Forensic Science (2015).

[5] B.O. Gardner; S. Kelley; D.C. Murrie; I.E. Dror. What do forensic analysts consider relevant to their decision making? *Science & Justice* (2019).

[6] Brasil. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Comitê Gestor da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos. Manual de Procedimentos Operacionais da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos. Versão 6.1. Brasília, DF: MJSP (2024).

[7] L.S. Beltrami; A. Danieli-Silva; C.X. Machado; E. Costa; G. Rotava; V. Altmann. Verificação da presença de material genético em veículos envolvidos em ocorrências criminais: percentual de sucesso das análises de DNA de contato do Rio Grande do Sul. *Anais do XXVII Congresso Nacional de Criminalística* (2024).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Automação da Emissão de Laudos Periciais por Inteligência Artificial Generativa: Da Concepção à Adoção

S. B. T. Leite[a]

[a]*Perita Odontolegista e Diretora do Departamento de Polícia Técnico-Científica do Amazonas (DPTC/AM), Manaus (AM), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: sanmyatiradentes@gmail.com. Tel.: +55-92-99152-1031.*

Palavras-chave: Inteligência artificial generativa; laudos periciais; automação forense; inovação; gestão da mudança.

1. INTRODUÇÃO

A produção de laudos periciais é uma das atividades mais críticas dos institutos das polícias científicas. O crescente volume de ocorrências, aliado à escassez de recursos humanos e à ausência de padronização nos documentos técnicos, configura um gargalo que compromete a celeridade da justiça e a qualidade da prova técnica [1,2]. Peritos de todas as especialidades, criminais, médicos-legistas e odontolegistas, enfrentam rotinas de elaboração manual de laudos, com risco de inconsistências e desperdício de energia humana em tarefas repetitivas [3,4,5], tempo que poderia ser dedicado à análise técnica de maior complexidade. Diante desse cenário, a autora desenvolveu, em pesquisa independente, uma solução de automação baseada em Inteligência Artificial Generativa (IAG), com cobertura de todas as especialidades do complexo pericial.

2. METODOLOGIA

O sistema foi desenvolvido pela autora, em pesquisa independente, com base em ferramentas de IAG e princípios do Lean Office para mapeamento e eliminação de desperdícios no fluxo de elaboração de laudos [3,4,5]. Foram desenvolvidos assistentes especializados por tipo de laudo, capazes de gerar minutas completas e orientar o perito passo a passo sobre procedimentos técnicos e boas práticas, funcionando também como recurso de capacitação contínua. A cobertura abrange: (a) Criminalística — perícias em local de crime, dano ao patrimônio, acidente de trânsito, balística, documentoscopia, grafoscopia, papiloscopia, toxicologia, química forense, biologia forense, computação forense, entre outros; (b) Medicina Legal — tanatologia, traumatologia, sexologia forense, citologia e histopatologia forense; e (c) Odontologia Legal — identificação odontolegal post mortem, antropologia, lesões corporais e estimativa de idade. O sistema possui custo mínimo de implementação e está disponível em www.policiacientifica.com.br, cuja tela inicial é apresentada na Figura 1.



Figura 1. Painel inicial do sistema.

Para as perícias comparativas, o sistema integra módulos de análise automatizada baseados exclusivamente em ferramentas de código aberto e auditáveis, cujos resultados são expressos como razão de verossimilhança (LR) e submetidos ao julgamento do perito, jamais como identidade categórica automática. Na comparação facial, empregam-se três extratores de características por redes neurais profundas, ArcFace [8], FaceNet512 [9] (via biblioteca DeepFace [10]) e InsightFace [11], com detecção facial por RetinaFace/MTCNN e escore por similaridade de cosseno calibrado, sob o protocolo morfológico FISWG/ACE-V [12], conforme visualizado na Figura 2. Na comparação de locutor, o confronto acústico-automático utiliza dois motores independentes de embeddings — ECAPA-TDNN [13] (SpeechBrain [14]) e WeSpeaker (ResNet) [15], cuja convergência corrobora a evidência;

a análise acústico-instrumental é feita em Praat (via Parselmouth), o alinhamento fonético por vogais por Montreal Forced Aligner (MFA) [16], a transcrição por Whisper [17] e a admissibilidade do sinal por controle de qualidade NISQA [18], integrando-se ao método combinado ENFSI [19], como ilustra a Figura 3. Quando o áudio contém mais de um falante, a diarização (segmentação automática por locutor) permite isolar a voz de interesse antes do confronto. Na papiloscopia, a extração de minúcias (MINDTCT) e a correspondência (BOZORTH3) do NIST NBIS [20], validado no NIST MINEX (EER 7,77%), fornecem dado objetivo de suporte, com a conclusão seguindo o exame ACE-V; e na grafoscopia, a medição instrumental por visão computacional (OpenCV) alimenta a tabela de elementos discriminadores sob o Evaluative Framework. O desempenho dos sistemas é reportado por Cllr e EER, e a conclusão pericial permanece integralmente sob responsabilidade do perito oficial.



Figura 2. Alinhamento facial por pontos homólogos.

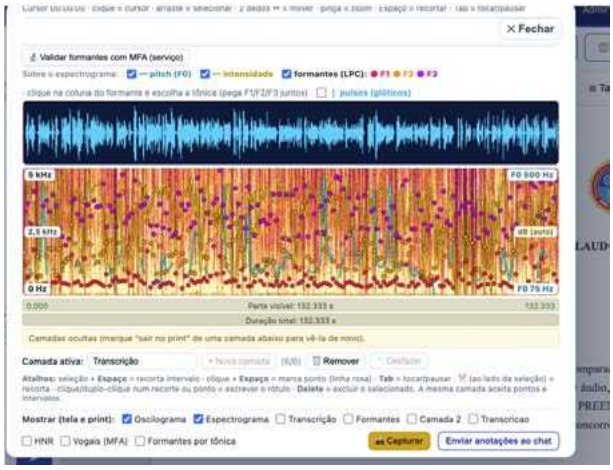


Figura 3. Análise fonético-acústica do áudio.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A iniciativa apoia-se em três pilares teóricos. Primeiro, a literatura recente demonstra que ferramentas de IAG já são aplicadas com resultados promissores nas ciências forenses: Ketsekioulafis et al. [6] mapearam, em revisão sistemática, aplicações de IA em múltiplas especialidades forenses — de análise de DNA à forense digital, evidenciando seu potencial para padronização e aceleração de processos. Farber [1] avaliou ferramentas como ChatGPT-4, Claude e Gemini na análise de imagens de cenas de crime, com resultados positivos avaliados por 10 peritos especialistas, concluindo que a IA atua de forma ideal como tecnologia assistida, ampliando, e não substituindo, o julgamento técnico humano. Michelet e Breitinger [2] investigaram o uso de LLMs (Large Language Model, ou Grande Modelo de Linguagem) para auxiliar a redação de laudos de forense digital, identificando como barreira central a ausência de estrutura padronizada nos documentos periciais, lacuna diretamente endereçada pelo sistema aqui apresentado, e destacando que a escassez de pessoal especializado aliada ao crescimento do volume de casos cria um gargalo com impacto direto no processo legal, o que reforça a urgência da automação assistida. Segundo, o Lean Office aplicado à perícia conta com precedentes nacionais expressivos, desde a informática forense [4] até a investigação policial [3] e a elaboração de laudos [5], com reduções significativas em tempo e retrabalho. Terceiro, princípios de gestão da mudança orientados à inovação sustentam o engajamento dos peritos, reconhecendo que a principal barreira à adoção de novas tecnologias é cultural, não técnica [7]. O diferencial reside na integração dos três pilares em arquitetura interna, de baixo custo e integralmente replicável.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema encontra-se em implementação e cobre a integralidade das especialidades periciais. Os resultados parciais indicam: redução no tempo de elaboração de minutas periciais nas três especialidades; elevação da padronização dos documentos produzidos; e liberação dos peritos para tarefas de maior complexidade analítica. Na medicina legal, os assistentes estruturados por especialidade podem reduzir inconsistências na descrição de lesões, na padronização de laudos de necropsia e nos exames de citologia e histopatologia forense. Na odontologia legal, o sistema pode auxiliar na elaboração de laudos de identificação post mortem, antropologia e traumatologia oral com base em parâmetros técnicos pré-definidos. Na perícia criminal, abrange desde perícias em locais de crime e dano ao patrimônio até perícias audiovisuais, computacionais, papiloscopia e biologia forense. A minuta é gerada no editor do sistema, com as imagens do caso inseridas automaticamente, conforme se observa na Figura 4.



Figura 4. Laudo gerado no editor.

A principal barreira identificada não é técnica — é cultural. Mesmo com ferramentas funcionais disponíveis, a resistência de parte dos peritos é real e multifatorial: envolve desconfiança quanto à acurácia dos documentos gerados, preocupação com a responsabilidade legal e receio de obsolescência profissional. A experiência acumulada nesta pesquisa demonstra que a superação dessas barreiras passa por engajamento baseado em transparência, autonomia e demonstração prática. O assistente é posicionado deliberadamente como ferramenta de apoio: a análise técnica, o julgamento crítico e a responsabilidade legal permanecem integralmente sob responsabilidade do perito, em conformidade com os princípios éticos e jurídicos da perícia oficial. Essa postura é fundamental para viabilizar a adoção sem impacto à validade probatória dos laudos.

5. CONCLUSÃO

A IAG já é uma realidade aplicável à perícia criminal em todas as suas especialidades, capaz de reduzir o tempo de elaboração de laudos, elevar a padronização e liberar peritos para tarefas de maior complexidade [1,2]. O sistema apresentado é operacional, cobre a perícia criminal, a medicina legal e a odontologia legal, tem custo mínimo de implementação e é integralmente replicável. O principal desafio que permanece é a adoção — não o desenvolvimento. A coleta de dados sistematizada antes e após a implementação constitui o próximo passo para validação científica. O modelo está disponível para ser replicado por institutos periciais do Brasil — a inovação existe, tem custo mínimo e pode transformar a perícia criminal nacional. O sistema pode ser acessado em www.policiacientifica.com.br. O que se precisa é coragem institucional para adoção.

AGRADECIMENTOS

A todos os peritos e gestores que colaboraram com testes, críticas e sugestões ao longo do desenvolvimento, pelo engajamento e pela confiança no processo de inovação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] S. Farber. AI as a decision support tool in forensic image analysis. J. Forensic Sci., 70(3): 932–943 (2025). DOI: 10.1111/1556-4029.70035.

[2] G. Michelet & F. Breitinger. ChatGPT, Llama, can you write my report? Forensic Sci. Int.: Digit. Investig., 48: 301683 (2024). DOI: 10.1016/j.fsidi.2023.301683.

[3] R.F. Lara et al. Influência de fatores lean office na investigação policial: operações especiais. Rev. Bras. Ciên. Policiais, v. 14, n. 11 (2023). DOI: 10.31412/rbcp.v14i11.1031.

[4] R.S.S. Silva et al. Uma aplicação do Lean Office na Informática Forense do IGP-SC. Braz. J. Dev., v. 6, n. 5: 26618–26643 (2020).

[5] E. Luiz Neto et al. Aplicação do Pensamento Lean na Elaboração de Laudos Periciais. Rev. Gestão e Secretariado, v. 16, n. 5, e4737 (2025). DOI: 10.7769/gesec.v16i5.4737.

[6] I. Ketsekioulafis et al. Artificial Intelligence in Forensic Sciences: A Systematic Review. Cureus, 16(9): e70363 (2024). DOI: 10.7759/cureus.70363.

[7] J.P. Womack & D.T. Jones. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. 2ª ed. New York: Free Press (2003).

[8] J. Deng et al. ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition. IEEE/CVF CVPR (2019). DOI: 10.1109/CVPR.2019.00482.

[9] F. Schroff, D. Kalenichenko & J. Philbin. FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering. IEEE CVPR (2015). DOI: 10.1109/CVPR.2015.7298682.

[10] S.I. Serengil & A. Ozpinar. LightFace/DeepFace: A Hybrid Deep Face Recognition Framework. IEEE ASYU (2020). DOI: 10.1109/ASYU50717.2020.9259802.

[11] J. Deng et al. InsightFace: 2D and 3D Face Analysis Toolkit (SCRFD + ArcFace). Projeto de código aberto (deepinsight/insightface).

[12] Facial Identification Scientific Working Group (FISWG). Guidelines for Facial Comparison Methods / Facial Image Comparison Feature List (v2.0).

[13] B. Desplanques, J. Thienpondt & K. Demuynck. ECAPA-TDNN: Emphasized Channel Attention, Propagation and Aggregation in TDNN Based Speaker Verification. Interspeech (2020). DOI: 10.21437/Interspeech.2020-2650.

[14] M. Ravanelli et al. SpeechBrain: A General-Purpose Speech Toolkit. arXiv:2106.04624 (2021).

[15] H. Wang et al. WeSpeaker: A Research and Production Oriented Speaker Embedding Learning Toolkit. IEEE ICASSP (2023). DOI: 10.1109/ICASSP49357.2023.10096626.

[16] M. McAuliffe et al. Montreal Forced Aligner: Trainable Text-Speech Alignment Using Kaldi. Interspeech (2017). DOI: 10.21437/Interspeech.2017-1386.

[17] A. Radford et al. Robust Speech Recognition via Large-Scale Weak Supervision (Whisper). ICML (2023).

[18] G. Mittag et al. NISQA: A Deep CNN-Self-Attention Model for Multidimensional Speech Quality Prediction. Interspeech (2021). DOI: 10.21437/Interspeech.2021-299.

[19] European Network of Forensic Science Institutes (ENFSI). Guideline for Evaluative Reporting in Forensic Science (2015).

[20] K. Ko. User's Guide to NIST Biometric Image Software (NBIS). NIST Interagency Report 7392 (2007).

L. S. Carvalho, B. G. C. Lima, A. F. Santana, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Instituto Central de Custódia de Vestígios na Polícia Científica da Bahia: Estratégia inovadora na Perícia Baiana

L. S. Carvalho[a, c*], B. G. C. Lima[b, c], A. F. Santana[a, c]

[a]*Instituto Central de Custódia de Vestígios, Departamento de Polícia Técnica, Salvador (BA), Brasil*
[b]*Instituto Médico Legal Nina Rodrigues, Departamento de Polícia Técnica, Salvador (BA), Brasil*
[c]*Universidade Federal da Bahia, Brasil*

**Endereço de e-mail para correspondência: luana.carvalho@dpt.ba.gov.br. Tel.: +55-71-991088876.*

Palavras-chave: Cadeia de custódia – gestão – governança.

1. INTRODUÇÃO

A segurança pública brasileira atravessa um período de profunda reestruturação paradigmática. Historicamente marcada por um modelo reativo e, por vezes, carente de rigor científico, a segurança pública dos estados brasileiros tem buscado, nas últimas décadas, uma transição para o modelo de "Segurança Cidadã", pautado na eficiência administrativa, no respeito aos direitos fundamentais e, primordialmente, na robustez da prova pericial.

Pode-se observar que a política pública de modernização da segurança pública, fundamenta a cadeia de custódia como uma forma de implementação de política pública de Estado, ascendendo a perícia criminal à agenda governamental.

Torna-se crucial que a formulação dessas políticas deve romper com o amadorismo, baseando-se em evidências e tomadas de decisão fundamentadas na modernização dos sistemas informatizados de monitoramento. O conceito de governança é essencial para entender a coordenação necessária entre os diversos órgãos que manuseiam o vestígio criminal.

Assim, destaca-se, através das políticas de segurança pública, que a modernização institucional depende da adoção de práticas administrativas baseadas em padronização, transparência e *accountability*. A necessidade de fortalecer as boas práticas interferindo no modo de fazer segurança pública de uma maneira inercial, baseada no improviso e centrada meramente no policiamento ostensivo, está sendo substituída para um paradigma baseado em planejamento e boa gestão orientada por resultados e pelas evidências quanto ao que funciona [1].

A cadeia de custódia deve ser analisada não apenas como um procedimento burocrático, mas como uma garantia da cidadania. Ao assegurar que a prova não foi manipulada e adulterada, o Estado protege o cidadão contra erros judiciais e garante que a justiça seja feita com base na verdade real.

Essa necessidade de elevar a qualidade dos serviços públicos, através da implementação de estruturas descentralizadas é inerente ao modelo da Administração Pública Gerencial conhecida como *New Public Management* (Nova Gestão Pública) que tem o foco sobre os resultados, identificando a aplicação das boas práticas do setor privado na esfera pública.

Neste contexto, a gestão dos vestígios criminais deixa de ser uma atividade meramente operacional para se tornar o eixo central da integridade do sistema de justiça.

O presente trabalho teve como objetivo analisar os desafios inerentes à implantação do Instituto Central de Custódia de Vestígios (ICCV) no Departamento de Polícia Técnica da Bahia, sob a perspectiva de uma persecução penal qualificada e melhoria da governança institucional.

Como objetivos específicos propõe-se discutir a importância da cadeia de custódia para o sistema de segurança pública; analisar os impactos para a go-

vernança da perícia criminal e entender a criação do ICCV sob a perspectiva de implementação de política pública de modernização da segurança pública através do fortalecimento da cadeia de custódia.

A promulgação da Lei nº 13.964/2019, conhecida como "Pacote Anticrime", representou um marco disruptivo ao inserir no Código de Processo Penal (CPP) um detalhamento rigoroso sobre a cadeia de custódia [2]. No entanto, a alteração legislativa, por si só, não garantiu a eficácia da norma.

Para que o fluxo do vestígio, do reconhecimento ao descarte, seja preservado, é necessária uma implementação de políticas públicas que reestruturem as instituições de perícia.

No estado da Bahia, essa necessidade culminou na criação do Instituto Central de Custódia de Vestígios (ICCV) dentro da estrutura do Departamento de Polícia Técnica (DPT). Além de o ICCV representar uma unidade administrativa responsável pela gestão do armazenamento de vestígios, é uma concretização de estratégia de modernização da segurança pública.

A relevância deste estudo justifica-se em compreender como essa nova estrutura normativa e técnica impacta na rotina pericial e na fidedignidade dos laudos que fundamentarão as decisões judiciais, evitando nulidades e garantindo o devido processo legal.

Diante da complexidade que envolve a custódia de vestígios em um estado de dimensões territoriais e demandas criminais vastas como a Bahia, definiu-se a seguinte questão norteadora: Como a Polícia Científica da Bahia executa o gerenciamento dos vestígios de natureza criminal de forma a contribuir para a qualificação técnica da prova pericial?

Por fim, o trabalho sintetiza as mudanças normativas inicialmente introduzidas pelo "Pacote Anticrime" e comparando-as com os resultados práticos observados na Polícia Científica baiana, a partir da criação do ICCV. Verificam-se como os ditames legais forçaram uma modernização tecnológica e administrativa, resultando em melhores fluxos de trabalho e na valorização institucional do DPT.

2. METODOLOGIA

A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, com pesquisa descritiva, permitindo compreender em profundidade como a cadeia de custódia pode ser institucionalizada e integrada à gestão estratégica a nível estadual.

A metodologia utilizada é o estudo de caso, tendo como cenário as repercussões geradas pela implantação do Instituto Central de Custódia de Vestígios no DPT, permitindo uma análise dos fenômenos organizacionais em seu contexto interno.

A coleta de dados foi realizada a partir de meios bibliográficos, obras e artigos científicos, planos estratégicos institucionais, normativas internas, relatórios e documentos de gestão.

Portanto, realizou-se um confronto entre as normativas e as ações institucionais, observando os avanços na implementação da cadeia de custódia a partir do ICCV.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A formulação e implementação de políticas públicas envolvem processos complexos de interação entre diferentes atores institucionais e sociais. A proposta do trabalho permeará a discussão de temas centrais das políticas públicas, relacionados à governança, participação, descentralização, agenda e mudanças, entre outros temas que atribuem a complexidade necessária para a sua boa execução.

A institucionalização da cadeia de custódia envolve a atuação de diferentes partes interessadas (*stakeholders*), incluindo órgãos da perícia, outras forças policiais, Ministério Público e Poder Judiciário, cujos interesses e visões diferentes podem influenciar a configuração das políticas adotadas.

A governança pública destaca que políticas complexas exigem mecanismos institucionais capazes de coordenar a atuação de diferentes organizações, buscando promover processos decisórios capazes de atender à crescente demanda por participação social [3].

No campo da segurança pública, essa necessidade é particularmente evidente, uma vez que a investigação criminal envolve a participação de múltiplos órgãos com competências distintas.

A nova forma de enxergar a segurança pública com o paradigma da segurança cidadã está aliada à Nova Gestão Pública na qual a descentralização é vista como um instrumento para aumentar a participação da sociedade nas políticas públicas, enfatizando temas inerentes à equidade, participação, transparência, justiça e ampliação da prestação de contas, accountability [4].

Assim, observou-se a necessidade de criação de comitês gestores para acompanhar os diversos atores envolvidos na problemática, evitando sobrecarga e aumentando legitimidade das ações [5].

Na Bahia, a aplicabilidade da governança institucional no processo de implantação da cadeia de custódia no âmbito da Segurança Pública da Bahia (SSP/BA) ocorreu com a instituição de grupo de trabalho interagência, iniciado em agosto de 2020, por meio da Por-

taria nº 274/2020, da SSP [6], composto por representantes do Ministério Público, do Tribunal de Justiça e das Forças da Secretaria de Segurança do Estado, com objetivo de analisar, avaliar e apresentar sugestões de diretrizes, procedimentos, protocolos e eventuais projetos relativos à preservação da cadeia de custódia.

A partir da atuação desse grupo institucional e tendo como pilar as mudanças da lei processual penal, a SSP/BA publicou uma norma para uniformizar procedimentos relacionados a cadeia de custódia e balizar as ações administrativas dos integrantes do SESP, a Portaria nº 108/ 2022, buscando otimizar dos fluxos de trabalho e do processo da cadeia de custódia [7].

Esse normativo estadual constituiu um marco importante tanto no aspecto legal para embasar as ações das forças de segurança em conformidade com a legislação vigente, quanto no aspecto institucional, proporcionando a padronização de procedimentos no sistema estadual de segurança pública.

No âmbito interno da Polícia Científica baiana, foi instituído grupo de trabalho para realização de um diagnóstico inicial sobre o cenário da cadeia de custódia, que culminou com a criação de Comissão Permanente de Cadeia de Custódia, com o objetivo de atualizar procedimentos que versam sobre a cadeia de custódia de vestígios e implantação de central de custódia, considerando a Lei Federal nº 13.964/2019.

Essa comissão tem atuação até os dias atuais, proporcionando uma melhor adequabilidade das mudanças que devem ser graduais, contínuas e testadas em ciclos, visando diminuir a resistência quanto às mudanças das rotinas, maior adaptação administrativa e redução de erros estruturais e, obtendo assim bons resultados.

Contudo, diante de uma normatização que produziu impacto nas atividades e práticas na realidade vivenciada pela polícia científica da maioria dos Estados da Federação, gerou-se um desafio às instituições, sobretudo de como se deveria proceder para que o fluxo pericial previsto fosse implantado na sua integralidade, evitando o comprometimento da eficácia de provas periciais e do processo penal, levando em conta a grande extensão, que a implantação da política pública traçada pelo legislador federal repercute, inclusive de cunho orçamentário [8].

Observou-se que o fato de uma lei ter sido promulgada (gozar de eficácia normativa), não é suficiente para que seja automaticamente cumprida e verificada sua efetividade, principalmente quando se trate de normas que regulam a prestação de serviços públicos.

Sob o viés de governança institucional, como mecanismo de avaliar, direcionar e monitorar a gestão, com a finalidade de contribuir para realização de um processo de melhoria contínua, inovações e ajustes e, entendendo a relevância da temática, foram inseridos no Plano Plurianual do Governo da Bahia, PPA 2024-2027 [9], iniciativas e indicador relacionados à segurança pública voltados à implementação da cadeia de custódia, através da estruturação normativa e técnica das Centrais de Custódia de Vestígios no DPT.

Nesse contexto, o alinhamento do PPA do Governo da Bahia com as alterações da Lei 13.964/2019, referentes à cadeia de custódia, tornou-se imprescindível a criação das unidades físicas de custódia no âmbito estadual, assim como sua estruturação normativa com a elaboração de procedimentos operacionais e metodologias, proporcionando embasamento para a criação de um novo instituto na estrutura do DPT: Instituto Central de Custódia de Vestígios (ICCV), com objetivo de realizar a gestão da cadeia de custódia de vestígios criminais, bem como normatizar e orientar atos internos relacionados.

O Instituto Central de Custódia de Vestígios é uma unidade nova, inserida a partir de uma reestruturação administrativa da SSP, Lei Estadual nº 14.579/2023 [10]. No entanto, a sua consolidação depende da promulgação da Lei Orgânica da Polícia Científica, que pretende normatizar toda atuação da Polícia Científica na Bahia.

O ICCV tem como competência a responsabilidade por planejar, executar, controlar e supervisionar as ações relacionadas à cadeia de custódia dos vestígios no âmbito estadual, atuar nos projetos de reestruturação física e normativa dos procedimentos de controle e de garantia de cadeia de custódia dos vestígios no âmbito da Polícia Científica da Bahia e intermediar a relação do DPT com outros organismos externos acerca das novas diretrizes estabelecidas.

A partir de estudos realizados em trabalhos acadêmicos por outros peritos criminais que trouxeram grandes contribuições para a Instituição, a implantação do Instituto Central de Custódia de Vestígios segue o modelo organizacional de rede integrada de centrais de custódia, sendo uma estrutura descentralizada, composta por uma central de custódia na capital e sete unidades setoriais no interior para o armazenamento por região, buscando ampliar a capilaridade territorial da custódia de vestígios, aproximando a infraestrutura pericial das regiões onde os vestígios são coletados.

Observa-se que essa abordagem tende a responder de forma mais eficaz às demandas de estados com grande extensão territorial e elevada demanda pericial, como é o caso da Bahia. No entanto, há um grande desafio em estabelecer mecanismos robustos de coor-

denação e padronização, uma vez que diferentes unidades passam a operar dentro do mesmo sistema.

Como forma de facilitar todo o processo de estruturação, a nova unidade figura como solução que atuará na normatização e gestão dos vestígios, garantindo a padronização das condições apropriadas para o armazenamento dos vestígios e, consequentemente, a integridade e autenticidade do elemento probatório, abrangendo a extensão estadual de forma mais eficiente, capaz de fortalecer a cadeia de custódia e a produção de provas técnico-científicas no sistema de justiça criminal.

Tal estrutura permite organizar fluxos operacionais, padronizar procedimentos e estabelecer sistemas de controle capazes de assegurar a rastreabilidade dos vestígios ao longo de todo o processo criminal, contribuindo para a transparência, a qualidade das investigações, a eficiência administrativa e maior confiabilidade à prova pericial.

Embora exija investimentos maiores em infraestrutura e pessoal, a rede descentralizada pode produzir ganhos significativos em termos de agilidade logística, reduzindo o tempo de transporte de vestígios e as desigualdades regionais no acesso aos serviços periciais.

Infere-se, portanto, que a estrutura operacional em rede também se alinha às propostas contemporâneas de modernização da segurança pública que enfatizam a importância de integração institucional e fortalecimento da gestão baseada em evidências.

Assim, alguns caminhos estratégicos estão sendo traçados para otimizar a produção da prova material e adequar à legislação atual que disciplina a cadeia de custódia.

O projeto vem sendo construído de forma progressiva, respeitando as especificidades das regiões e promovendo uma abordagem colaborativa na definição de responsabilidades, elaboração normativa e planejamento das fases de execução.

A reformulação e atualização de Instruções Normativas e Procedimentos Operacionais Padrões das coordenações integrantes dos Institutos do DPT são essenciais para formalizar os fluxos estabelecidos e garantir segurança jurídica aos procedimentos e às metodologias adequadas às novas diretrizes que norteiam a cadeia de custódia. Assim, a Polícia Científica da Bahia elaborou portarias que repercutem tanto internamente quanto na atuação das demais instituições policiais.

Para atingir alcance mais rápido e efetivo, com capilaridade em todo o território estadual, ações de capacitação desempenharam papel fundamental nesse processo, garantindo a disseminação dos conceitos fundamentais da cadeia de custódia, com treinamento para manuseio adequado dos vestígios e das embalagens/ lacres e desmistificação das novas rotinas que devem ser adotadas, favorecendo a promoção de conscientização entre os atores responsáveis pela cadeia de custódia.

A ausência das centrais de custódia de vestígios na estrutura do DPT pode colocar em risco todo o Sistema de Justiça, visto que a inobservância da cadeia de custódia de vestígio pode resultar em eventual nulidade da prova, inviabilizando a sua utilização no processo penal.

Dessa forma, visando atender aos preceitos normativos, com vistas à efetiva implementação das ações legais da cadeia de custódia, para garantir e manter a idoneidade e a rastreabilidade dos vestígios sob a tutela do DPT, entendeu-se, estrategicamente, pela necessidade da adequação de espaços já existentes na instituição.

Em 11 de dezembro de 2024, foi inaugurada a Central Provisória de Custódia de Vestígios no DPT, para atender a Salvador e Região Metropolitana. Esse marco representou um avanço significativo na estruturação do processo de cadeia de custódia na Bahia, proporcionando condições adequadas para o armazenamento das contraprovas dos vestígios processados nas unidades da capital baiana. Em relação às demais Centrais localizadas no interior da Bahia, estão em fase levantamento e obras de adequação do espaço físico.

Outro aspecto importante a ser adequado é sobre o tratamento das centrais de custódia como unidades exclusivamente para fins de depósito, sob pena de sobrecarregar a estrutura física da instituição para a guarda e controle de materiais que perderam ou que não tem interesse pericial.

Observa-se que não é razoável e não atenderia aos princípios constitucionais que regem a Administração Pública, visto que essa situação pode gerar elevado risco à segurança pública, considerando a possibilidade de invasões para resgate dos bens apreendidos de grandes valores, por exemplo.

Assim, o ICCV vem executando ações planejadas para otimizar o gerenciamento dos vestígios, em conjunto a um cronograma de acompanhamento, adequação, reforma e avaliação do espaço físico para atender a Central de Custódia de Vestígios.

Dentre as ações realizadas na mudança de rotina da instituição, têm-se a atualização do sistema de gestão de vestígio a partir de modificações no sistema informatizado, com adição do módulo “Custódia de Vestígios”, permitindo o histórico de movimenta-

ções e alterações; utilização de código de barras para organização e recuperação dos vestígios por meio de leitor de código de barras, através do uso de etiquetas e impressoras térmicas; sistema de controle de vestígios armazenados na Central, através de *dahsboard* que atualiza a equipe de trabalho quanto ao quantitativo de entradas de vestígios armazenados na Central, além do grau de criticidade das salas (Power BI – ICCV); e o sistema de monitoramento patrimonial, por CFTV e sensores de presença, e monitoramento ambiental através de sensores de temperatura, fumaça/gás, umidade, para garantir a conservação e a integridade dos vestígios armazenados.

Além das ações descritas acima, é importante abordar a criação de Ramo de Atividade/ Família no SIMPAS/ SAEB, voltado à especificidade do acondicionamento e embalagem relacionados à cadeia de custódia (81.45 - Recipientes e Acondicionamento de Embalagem de Vestígios), com registro de embalagens de segurança padronizadas, para facilitar o processo de compras do referido insumo para todas as forças da Sistema de Segurança Pública do Estado.

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu analisar o processo inicial de implementação da cadeia de custódia na Polícia Científica da Bahia, sob a égide do ICCV.

Os resultados iniciais demonstram que a transição de um modelo de gestão de vestígios fragmentado para um sistema centralizado e normatizado não representa apenas uma adequação burocrática à Lei nº 13.964/2019, mas uma mudança de paradigma na produção da prova pericial e na governança da segurança pública estadual.

A cadeia de custódia, portanto, é um sistema de controle de processos que discute a integridade de métodos e de padronização, transformando a prova pericial em algo, além de científico, auditável. Quando o Estado falha em fornecer isso, ou seja, quando há erros em uma das etapas ou ausência de padronização, de recursos e de capacitações, pode ter como consequência a anulação de provas periciais robustas por vícios formais.

A partir da governança institucional, observou-se a repercussão da transposição da norma federal para a realidade estadual, destacando a importância da Portaria nº 108/2022, que uniformizou procedimentos entre as forças de segurança.

A trajetória de implementação da cadeia de custódia, desde a formação de Grupos de Trabalho (GTs) até sua inclusão ao Plano Estratégico da Perícia Oficial como fator crítico de sucesso e às metas do Plano Plurianual de Governo (PPA 2024-2027) através do programa “Bahia Mais Segura”, demonstra a necessidade de centralização da gestão eficiente, como uma resposta técnica à fragmentação histórica que colocava em risco a prova pericial. Isso ratifica o compromisso institucional com uma gestão orientada por resultados, sinalizando, portanto, que a gestão de vestígios foi elevada ao status de materialização de política pública estratégica, superando a lógica de ações isoladas.

A implantação do ICCV na estrutura da Polícia Científica representa justamente uma forma de superar o déficit de efetividade, preenchendo o vácuo entre a previsão legal da cadeia de custódia e a sua aplicação plena nas unidades periciais do Estado da Bahia.

Com essa estrutura, conclui-se que a atuação do ICCV é elemento essencial de uma transformação que vai além do armazenamento, atingindo a cultura organizacional da segurança pública. Dessa forma, sob uma perspectiva multidisciplinar, a Bahia tem avançado na proteção da integridade da prova pericial.

Apesar dos avanços, ainda há desafios a serem enfrentados, especialmente no que tange à necessidade de quantidade suficiente de servidores, proporcional ao porte estrutural; à padronização de práticas internamente e entre os diferentes órgãos; à necessidade de elaboração de outros normativos operacionais, como de descarte; à ampliação das formações práticas; à integração entre os sistemas digitais.

Nessa esteira, a implementação da cadeia de custódia pelo DPT/BA, através da criação do ICCV, consolida a transição para uma Segurança Cidadã baseada em evidências, elevando o padrão ético e técnico das instituições de perícia criminal e contribuindo decisivamente para a legitimidade das decisões judiciais e o fortalecimento da justiça na Bahia, avançando na proteção dos direitos fundamentais e do Estado Democrático de Direito.

AGRADECIMENTOS

A equipe de peritos oficiais, autoria desse trabalho, gostaria de agradecer ao Departamento de Polícia Técnica da Bahia por incentivar e autorizar a pesquisa nessa temática, demonstrando compromisso institucional na materialização e eficiência na gestão da cadeia de custódia no Estado; e ao XXVII Congresso Nacional de Criminalística pela oportunidade de divulgação, bem como à Revista Brasileira de Criminalística e à Associação Brasileira de Criminalística – ABC pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BRASIL. Atlas da Violência, Ministério do Planejamento e Orçamento, 2025.

[2] BRASIL. Lei nº 13.964/2019.

[3] COSTA, Arthur Trindade M., Segurança Pública, Redes e Governança (online). Brasília: Editora UnB, 2023.

[4] J. A. Fonseca; L. Z. Pereira; C. A. Gonçalves. Retórica na construção de realidades de segurança pública: abordagens dos sistemas de Minas Gerais e São Paulo. Revista de Administração Pública, v. 49, 2015.

[5] P. V. S. Santos. Tem jeito para a segurança pública: a difusão do Novo Modelo de Gestão de Segurança Pública. *Dissertação*/ UNB, Brasília, 2025.

[6] BAHIA. Portaria nº 274/2020, Secretaria de Segurança Pública da Bahia.

[7] BAHIA. Portaria nº 108/2022, Secretaria de Segurança Pública da Bahia.

[8] A. Caruncho; D. Gordiano; K. Bettio. Cadeia de Custódia: Diretrizes para a Atuação do Ministério Público em prol da sua implantação. Pacote anticrime: volume I/ Organizadores: E. Cambi, D. S. Silva, F. Marinela. Curitiba: Escola Superior do MPPR, v. 1, 2020.

[9] BAHIA. Lei Estadual nº 14.647/2023.

[10] BAHIA. Lei Estadual nº 14.579/ 2023.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

O Impacto da criação do Posto de Criminalística de Santa Cruz do Sul no aumento das solicitações periciais em crimes contra vida e acidentes de trânsito

A. T. Espirito Santo[a,*], M. S. Carretta[a]

[a]*Departamento de Perícias do Interior, Instituto-Geral de Perícias, Rio Grande do Sul (RS), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: alexandre-santo@igp.rs.gov.br Tel.: +55-51-996467500.*

Palavras-chave: Criminalística; Perícia criminal; Segurança pública. Regionalização da perícia.

1. INTRODUÇÃO

A segurança pública representa um dos principais desafios enfrentados pelo Estado brasileiro, especialmente diante dos elevados índices de violência letal e da complexidade das investigações relacionadas a crimes contra a vida e acidentes de trânsito [1]. Nesse contexto, a perícia criminal oficial assume função estratégica ao produzir elementos técnicos indispensáveis à persecução penal e à materialização da prova científica [2].

A Constituição Federal estabelece que a segurança pública constitui dever do Estado e responsabilidade de todos, sendo exercida para preservação da ordem pública e da incolumidade das pessoas e do patrimônio [3]. Dentro desse sistema, os órgãos de perícia oficial desempenham papel essencial na investigação criminal, especialmente em ocorrências que dependem da preservação e interpretação técnica dos vestígios materiais.

A interiorização dos serviços periciais contribui para maior eficiência investigativa e fortalecimento da segurança pública. Em adição a proximidade geográfica, a maior integração entre órgãos policiais e equipes periciais favorece a utilização da prova científica e, por consequência, melhora a qualidade da persecução penal [4-5].

Até a implantação do Posto de Criminalística de Santa Cruz do Sul, os atendimentos periciais no município eram realizados por equipe sediada em Santa Maria, exigindo deslocamento aproximado de 104 km para o atendimento das ocorrências. Em razão da distância geográfica, do tempo necessário para deslocamento e das limitações operacionais envolvidas, os acionamentos periciais pelas delegacias da região tendiam a ocorrer de forma mais restrita, concentrando-se principalmente em locais de morte e acidentes de trânsito de maior gravidade e/ou especificidade. Nesse contexto, a ausência de estrutura pericial regionalizada não implicava inexistência dos fatos periciáveis, mas sim menor frequência de solicitações formais de atendimento técnico-científico.

Dessa forma, o presente estudo busca analisar o impacto da criação do Posto de Criminalística de Santa Cruz do Sul, no estado do Rio Grande do Sul, sobre o número de solicitações periciais relacionadas a crimes contra a vida e acidentes de trânsito. Além disso, pretende-se comparar os dados locais com municípios gaúchos que já possuíam estruturas periciais consolidadas desde 2014, a fim de verificar se o aumento observado decorre de tendência estadual ou se constitui fenômeno diretamente relacionado à implantação da nova unidade pericial. Busca-se, ainda, discutir de que maneira a regionalização da perícia criminal influencia no acesso à prova técnica e modifica a dinâmica operacional das investigações policiais.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo foi estruturada em duas etapas complementares. Inicialmente, realizou-se a aquisição e organização dos dados históricos de solicitações periciais nos municípios selecionados, permitindo análise comparativa da evolução

temporal dos atendimentos antes e após a criação do Posto de Criminalística de Santa Cruz do Sul. Em seguida, aplicou-se a metodologia de controle sintético, com o objetivo de construir um cenário contrafactual estatisticamente fundamentado, possibilitando avaliar de forma mais consistente os impactos da implantação da unidade pericial sobre a demanda por perícias relacionadas a crimes contra a vida e acidentes de trânsito com vítima fatal.

2.1. Aquisição de dados

A pesquisa limitou-se aos municípios de Santa Cruz do Sul, Caxias do Sul, Pelotas, Passo Fundo, Santa Maria, Santo Ângelo, Santana do Livramento e Novo Hamburgo, selecionados em razão da existência de Postos de Criminalística estruturados desde período anterior ao ano de 2014. A escolha dessas cidades possibilitou a realização de análise comparativa entre municípios com estruturas periciais já consolidadas e o município de Santa Cruz do Sul após a implantação de sua unidade pericial local em novembro de 2018 [6].

Para fins práticos, foram consideradas as solicitações oriundas das delegacias sediadas nos municípios analisados, ainda que os fatos periciados tenham ocorrido eventualmente em municípios vizinhos pertencentes à sua circunscrição territorial, já que refletem a demanda pericial vinculada ao município-base da unidade policial solicitante. Por outro lado, foram excluídas solicitações provenientes de outras delegacias que, embora sejam atendidas pelos respectivos Postos de Criminalística, não estão sediadas nos municípios utilizados como unidade de observação estatística. Os dados foram organizados em séries temporais anuais, permitindo a identificação de tendências e oscilações nas solicitações periciais, especialmente antes e após a criação do Posto de Criminalística de Santa Cruz do Sul.

2.2. Controle sintético

Além da análise comparativa descritiva, foi empregada a metodologia de controle sintético com o objetivo de estimar um cenário contrafactual para o município de Santa Cruz do Sul após a criação do Posto de Criminalística. O método de controle sintético consiste na construção de uma "unidade sintética", elaborada a partir da combinação ponderada de outras unidades não submetidas à intervenção analisada. Essa metodologia busca estimar qual seria o comportamento esperado da unidade tratada caso a intervenção não tivesse ocorrido [7].

O método de controle sintético apresenta elevada robustez metodológica para avaliação de impactos de políticas públicas e intervenções institucionais em cenários nos quais não é possível a realização de experimentos controlados tradicionais. Isso ocorre porque a metodologia permite construir um cenário contrafactual estatisticamente fundamentado, estimando qual seria o comportamento esperado da unidade analisada na ausência da intervenção estudada. Dessa forma, o método possibilita identificar com maior precisão os efeitos potencialmente atribuíveis à política implementada, reduzindo a influência de fatores externos, oscilações temporais e tendências comuns observadas em outras unidades comparáveis [7,8].

No presente estudo, Santa Cruz do Sul foi considerada a unidade tratada, enquanto os municípios de Caxias do Sul, Pelotas, Passo Fundo, Santa Maria, Santo Ângelo, Santana do Livramento e Novo Hamburgo foram utilizados como unidades doadoras para composição do controle sintético, considerando que todos já possuíam Postos de Criminalística estruturados antes de 2014.

A construção da unidade sintética ocorreu mediante atribuição de pesos distintos para os municípios utilizados como controle, buscando reproduzir, da forma mais próxima possível, o comportamento histórico das solicitações periciais de Santa Cruz do Sul no período pré-intervenção (2014–2018). O ano de 2018 também foi incluído no período, já que a inauguração do Posto de Criminalística ocorreu em novembro de 2018 [6].

A atribuição dos pesos das unidades doadoras ocorreu mediante processo iterativo de otimização, buscando minimizar o erro quadrático entre os valores observados em Santa Cruz do Sul e os valores estimados pela unidade sintética no período pré-intervenção. Em razão da baixa magnitude histórica das solicitações periciais em Santa Cruz do Sul, foi aplicado procedimento de reescalonamento da série temporal da unidade tratada, mediante multiplicação dos valores por fator constante igual a três, visando melhorar o ajuste do modelo sintético durante o processo iterativo de otimização. Após a definição dos pesos das unidades doadoras, os valores estimados foram normalizados por meio da divisão pelo mesmo fator, restabelecendo a escala original da série analisada.

A partir dessa modelagem, foi possível comparar os valores efetivamente observados após 2019 com os valores estimados para um cenário hipotético em que o Posto de Criminalística não tivesse sido implantado. Dessa forma, a utilização do controle sintético permitiu avaliar de maneira mais consistente o impacto da criação da unidade pericial sobre a evolução das solicitações de perícia no município, reduzindo a influência de oscilações naturais ou tendências estaduais comuns aos demais municípios analisados.

3. RESULTADOS

A análise dos dados evidencia comportamento singular no município de Santa Cruz do Sul após a criação do Posto de Criminalística em 2019. Na Fig. 1 são apresentados os dados de atendimentos periciais (crime contra a vida e acidente de trânsito com vítima fatal) solicitados pelas delegacias dos municípios estudados.

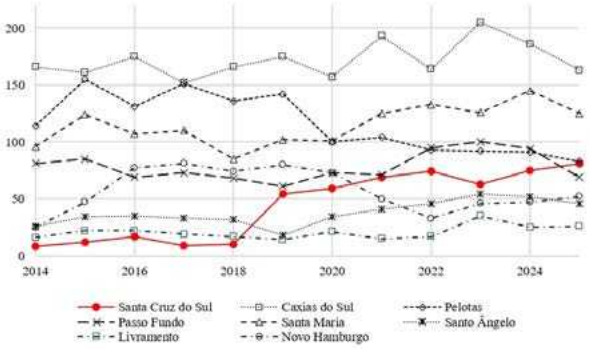


Figura 1. Número de atendimentos periciais (crime contra a vida e acidente de trânsito com vítima fatal) solicitados pelas delegacias dos municípios estudados

Observa-se que entre os anos de 2014 e 2018, Santa Cruz do Sul apresentou números reduzidos de solicitações periciais, variando entre 8 e 17 atendimentos anuais, período em que os atendimentos dependiam do deslocamento de equipe do Posto de Criminalística de Santa Maria para a realização de perícias no município santa-cruzense. Em 2018, último ano completo sem a estrutura pericial local, foram registradas apenas 10 solicitações. Entretanto, em 2019, primeiro ano completo de funcionamento do Posto de Criminalística, houve incremento significativo para 54 solicitações periciais, representando crescimento superior a 440% em relação ao ano anterior. Nos anos subsequentes, observou-se manutenção da tendência de crescimento, atingindo 81 solicitações em 2025.

Nos municípios utilizados como parâmetro comparativo não foi identificado fenômeno semelhante, sendo registradas apenas oscilações pontuais sem alterações significativas. Destaca-se o comportamento de dois municípios que apresentaram comportamento distinto dos demais: Pelotas demonstrou tendência gradual de redução após 2019; e Novo Hamburgo registrou valores mais elevados entre 2016 e 2020 e após este período, voltou a patamares anteriores.

A inexistência de crescimento proporcional nos demais municípios reforça a hipótese de que o aumento observado em Santa Cruz do Sul não decorre de elevação generalizada da criminalidade ou mudança metodológica estadual, mas sim da implantação da estrutura pericial local.

Nesse sentido, os resultados sugerem que o aumento observado para Santa Cruz do Sul não está necessariamente associado à ampliação da ocorrência de crimes contra a vida ou acidentes fatais, mas principalmente à maior utilização da perícia criminal pelas autoridades policiais após a regionalização do serviço. A criação da unidade pericial em Santa Cruz do Sul ampliou significativamente o acesso ao serviço técnico-científico, reduzindo barreiras operacionais anteriormente existentes, como longos deslocamentos, elevado tempo-resposta e limitações logísticas para atendimento das ocorrências. Além disso, a proximidade geográfica da equipe pericial favoreceu maior agilidade nos atendimentos, ampliação da capacidade de preservação dos locais de crime e fortalecimento da utilização da prova técnica, fatores diretamente relacionados à qualidade da cadeia de custódia e à efetividade da investigação criminal [4].

Pode-se dizer, portanto, que a regionalização da perícia criminal produziu impacto direto sobre a dinâmica de acionamento das equipes técnicas pelas autoridades policiais. A investigação criminal contemporânea depende cada vez mais da utilização de elementos técnicos e científicos capazes de conferir maior confiabilidade à produção probatória. Nesse contexto, a ampliação da disponibilidade operacional da perícia criminal contribui diretamente para o fortalecimento das investigações, para a valorização da prova técnica e para a consolidação de um modelo moderno de persecução penal fundamentado no meio de prova técnica, baseado em evidências científicas [5].

3.1. Análise por Controle Sintético

Com o objetivo de aprofundar a análise sobre os impactos da criação do Posto de Criminalística de Santa Cruz do Sul, os dados também foram submetidos à metodologia de controle sintético. A partir de cálculos iterativos obteve-se os valores das unidades doadoras (demais municípios avaliados) para se obter a unidade sintética (Santa Cruz do Sul Sintético). Na Tab. 1 são apresentados os resultados da contribuição de cada município para a elaboração da unidade sintética.

Tabela 1. Contribuição de cada município para a elaboração da unidade sintética.

Município	Peso
Caxias do Sul	0,0%
Pelotas	0,0%
Passo Fundo	0,0%
Santa Maria	6,7%
Santo Ângelo	41,3%
Santana do Livramento	48,1%
Novo Hamburgo	3,9%

De posse dos valores da Tab. 1 é possível calcular o número de solicitações perícias de crime contra a vida e acidente de trânsito com vítima fatal para a Santa Cruz do Sul Sintética (unidade sintética do estudo). Na Fig. 2 são apresentados os números reais de solicitações periciais para Santa Cruz do Sul e o número calculado destas solicitações para a unidade sintética.

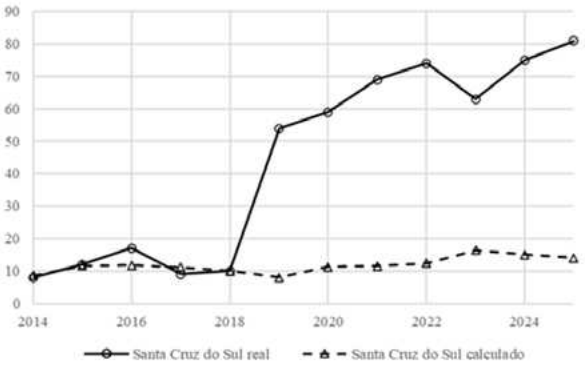


Figura 2. Comparação entre o número de solicitações periciais observadas em Santa Cruz do Sul e os valores estimados pela unidade sintética no período de 2014 a 2025

Os resultados apresentados demonstraram elevada compatibilidade entre os valores reais de Santa Cruz do Sul e os valores estimados pela unidade sintética no período pré-intervenção (2014–2018). Nesse intervalo, os valores observados e calculados permaneceram próximos, indicando boa aderência metodológica do modelo utilizado. Entretanto, após a criação do Posto de Criminalística em 2019, observou-se ruptura significativa entre a trajetória real e o comportamento esperado pelo controle sintético.

Enquanto a unidade sintética estimava apenas 8,1 solicitações periciais para o ano de 2019, Santa Cruz do Sul registrou efetivamente 54 solicitações no mesmo período. A diferença observada representa aumento superior a seis vezes em relação ao cenário contrafactual estimado.

Os resultados sugerem que, caso não houvesse a implantação do Posto de Criminalística, Santa Cruz do Sul provavelmente manteria patamar semelhante ao observado entre 2014 e 2018, sem crescimento significativo das solicitações periciais. Tal constatação não significa menor ocorrência de crimes contra a vida ou acidentes de trânsito com vítima fatal, mas indica que parte dessas ocorrências possivelmente deixaria de receber acionamento pericial em razão de fatores operacionais, como grandes distâncias para deslocamento das equipes, elevado tempo-resposta e limitações logísticas anteriormente existentes na região. A diferença persistente entre a curva observada e a curva sintética evidencia forte associação entre a inauguração da unidade pericial e o aumento da demanda por perícias relacionadas a crimes contra a vida e acidentes de trânsito.

Dessa forma, a metodologia de controle sintético fortalece a inferência causal acerca dos impactos produzidos pela criação do Posto de Criminalística de Santa Cruz do Sul, demonstrando que o crescimento observado não decorreu apenas de oscilações naturais ou tendências estaduais, mas apresentou relação direta com a implantação da estrutura pericial local.

4. CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou que a implantação do Posto de Criminalística de Santa Cruz do Sul esteve associada a importante alteração na dinâmica das solicitações periciais relacionadas a crimes contra a vida e acidentes de trânsito com vítima fatal na região. A análise comparativa entre municípios e os resultados obtidos por meio da metodologia de controle sintético indicaram que o crescimento observado após 2019 não acompanhou o comportamento histórico das demais localidades analisadas, sugerindo forte associação com a regionalização da estrutura pericial.

Além do expressivo aumento no acionamento do órgão pericial pelas autoridades policiais locais, a proximidade geográfica das equipes periciais também proporcionou atendimentos mais rápidos e eficientes, reduzindo significativamente o tempo necessário para chegada ao local da ocorrência. Essa maior agilidade favorece a preservação dos vestígios e diminui riscos de alteração ou perda de elementos probatórios, aspectos diretamente relacionados à efetividade da cadeia de custódia prevista no Código de Processo Penal após as alterações promovidas pela legislação, especialmente pelo pacote Anticrime, em 2019 [9].

Os resultados evidenciam que a interiorização da perícia criminal oficial ultrapassa a mera descentralização administrativa, produzindo efeitos concretos sobre o acesso à prova técnica, sobre a preservação dos vestígios e sobre a própria utilização da perícia científica pelos órgãos de investigação criminal. Nesse contexto, a proximidade operacional entre delegacias e equipes periciais tende a reduzir barreiras logísticas historicamente existentes em regiões atendidas à distância.

Assim, o estudo reforça a relevância estratégica da expansão regionalizada dos serviços periciais como instrumento de fortalecimento da investigação baseada em evidências científicas e de qualificação da persecução penal no interior do Estado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto-Geral de Perícias do Rio Grande do Sul pelo apoio concedido e a todos os servidores da 10ª Coordenadoria Regional de Perícias pelo empenho, dedicação e comprometimento no exercício da atividade pericial, contribuindo diariamente para o fortalecimento da criminalística e da investigação baseada em evidências científicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] FÓRUM BRASILEIRO DE SEGURANÇA PÚBLICA. Anuário Brasileiro de Segurança Pública 2024. São Paulo: FBSP, 2024.

[2] TOCHETTO, Domingos. Tratado de Perícias Criminalísticas. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 2011.

[3] BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília: Senado Federal, 1988.

[4] ESPÍNDULA, Alberi. Perícia Criminal e Cível. Campinas: Millennium, 2019.

[5] LOPES, Alan de Oliveira et al. Uma análise da criminalística exercida pela Polícia Federal: integração de um modelo eficaz e eficiente pautado na autonomia técnica, científica e funcional. Revista Susp, Brasília, v. 1, n. 2, p. 16-41, jul./dez. 2022.

[6] IGP-RS Retirado em 17/05/2026, de https://igp.rs.gov.br/inauguracao-do-posto-avancado-de-santa-cruz-do-sul.

[7] ABADIE, Alberto; GARDEAZABAL, Javier. The Economic Costs of Conflict: A Case Study of the Basque Country. American Economic Review, v. 93, n. 1, p. 113-132, 2003.

[8] ABADIE, Alberto. Using Synthetic Controls: Feasibility, Data Requirements, and Methodological Aspects. Journal of Economic Literature, v. 59, n. 2, p. 391-425, 2021.

ttps://igp.rs.gov.br/inauguracao-do-posto-avancado--de-santa-cruz-do-sul.

[9] Lei nº 13.964/2019.

[1] G.M. Moore; A.R. Robertson. Suicide attempsts by firearms and by leaping from heights: a comparative study of survivors. *Am. J. Psychiatry* ***156***: 1425-1431 (1999).

[2] S.C.P. Silva. A contribuição da perícia odontológica na identificação de cadáveres. *Dissertação de Mestrado*, Departamento de Odontologia, Universidade do Porto (2007).

[3] M. Abel. Estudo da perícia em petrografia sedimentar e sua importância para a engenharia de conhecimento. *Tese de Doutorado*, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2001).

[4] M.A.A. Pires. O perfil Profissional do Perito Judicial Contábil. *Anais da 19ª Convenção dos Contabilistas do Estado de São Paulo*. 14-17 (2005).

[5] L.B. Fricke. *Traffic Accident Reconstruction, Northwestern University Traffic Institute,* United States of America (1990) 210-234.

[6] C.R. Dias; E. Antedomenico. Comoriência: ponderações jurídicas e tanatológicas. *Rev. Tribunais* (para ser publicado em 2011).

[7] G.M. Moore; A.R. Robertson. Suicide attempsts by firearms and by leaping from heights: a comparative study of survivors. *Am. J. Psychiatry* ***156***: 1425-1431 (1999). Retirado em 01/01/2011, de http://www.xxx.com.br

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Xandroid: plataforma de auditoria de campo, padronização taxonômica e blindagem da cadeia de custódia por criptografia SHA-256 offline e inteligência artificial assistida

A. D. Moura[a]

[a]*Instituto de Criminalística, Polícia Civil do Distrito Federal, Brasília (DF), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: alexdmoura@gmail.com. Tel.: +55-61-98220-9303.*

Palavras-chave: Cadeia de custódia; blindagem probatória; metrologia legal processual; auditoria de campo; inovação forense.

1. O PROBLEMA NO LOCAL DE CRIME

Quando um perito criminal chega a um local de crime, tudo o que ele vê precisa virar registro: onde estava o corpo, onde estava cada vestígio, o que foi recolhido e para onde foi levado. Esse registro é o começo da cadeia de custódia da prova (art. 158-A do Código de Processo Penal [1]) — a ideia, já formulada por Locard [2] e consolidada em manuais internacionais [3], de que todo vestígio precisa ter história documentada, do achado ao laudo.

Na Seção de Crimes contra a Pessoa (SCPe) da Polícia Civil do Distrito Federal, esse registro era feito em ficha de papel, muitas vezes de madrugada, sob chuva e cansaço. A ficha pode se perder, a letra pode ficar ilegível e o mesmo dado precisa ser digitado de novo, horas depois, no sistema — o que abre espaço para erro justamente onde a lei passou a exigir mais rigor [4-6]. É esse intervalo entre o fim do trabalho no local e a digitação no sistema que o Xandroid veio fechar (Fig. 1).



Figura 1. Da vulnerabilidade à blindagem: o fluxo analógico (ficha, fadiga, redigitação e risco de impugnação) contraposto ao fluxo proposto pelo Xandroid (coleta vetorial e QR Code, hash SHA-256 na zona quente, exportação segura e cadeia de custódia auditável).

2. POR QUE NÃO UM APLICATIVO COMPRADO PRONTO

Existem aplicativos comerciais para documentar local de crime, como o SceneDoc e o CrimePad. Eles não servem bem a este caso por três motivos práticos: guardam os dados na nuvem de uma empresa estrangeira, cobram licença por perito e não se adaptam aos procedimentos da corporação [7]. O Xandroid resolve os três pelo caminho oposto: funciona sem internet, guarda tudo no próprio aparelho e não custa nada à instituição. A Tabela 1 compara os três lado a lado.

Critério	Xandroid	SceneDoc	CrimePad
Plataforma	Site (qualquer navegador)	App nativo (iOS/Android)	App (iPad/ Windows/Android)
Persistência / operação	Local, offline-first	Nuvem, com sincronização	Com sincronização
Servidor/ nuvem do fornecedor	Dispensável	Exigido	Exigido
Custo por perito	Nulo	Licença paga	Licença paga

Critério	Xandroid	SceneDoc	CrimePad
Privacidade do dado	100% no aparelho	Nuvem do fornecedor	Nuvem / sincronizada
Customização taxonômica (POPs)	Total (SCPe/PCDF)	Genérica	Genérica
Hash SHA-256 em campo	Sim	não identificado	não identificado

Tabela 1. Comparação entre o Xandroid e soluções móveis comerciais de documentação forense.

As informações sobre os produtos de terceiros vieram de material público dos fornecedores, consultado em 2026. A indicação "não identificado" significa que não há informação pública sobre o recurso, e não que ele não exista.

3. COMO O APLICATIVO FOI FEITO

O Xandroid foi idealizado e programado pelo próprio perito criminal, e não por uma empresa contratada. A inteligência artificial — os modelos Claude, da Anthropic — foi usada como copiloto de programação, sempre sob revisão do perito, que manteve o controle das decisões de segurança. Foram cerca de 320 a 380 horas de trabalho, distribuídas em cinco meses e mais de 400 versões, sem custo para a instituição. Para garantir que uma correção não estrague o que já funcionava, 3.361 verificações automáticas rodam a cada alteração. O aplicativo é um site que se instala como app no celular: abre sem loja, funciona sem sinal e não depende de servidor nenhum — todos os dados ficam no aparelho do perito.

4. O QUE O APLICATIVO FAZ NO LOCAL

4.1. Ele salva e sela o registro sozinho, ainda no local

Assim que o perito começa a preencher, o aplicativo salva sozinho a cada poucos segundos. Ao final, gera uma cópia de segurança e calcula sobre ela uma espécie de impressão digital (SHA-256): um código que muda por inteiro se um único caractere for alterado depois. É isso que permite provar, mais tarde, que o registro é o mesmo que saiu do local — a blindagem probatória —, e é feito ainda no local, antes de qualquer conexão de internet (Fig. 5), como recomenda a norma NBR ISO/IEC 27037 [8].

4.2. Ele pergunta pouco e preenche muito

A tela mostra só o que interessa: a aba do Local reúne 75 campos, mas uma edificação abre 14 e uma via pública abre 17 — o resto nem aparece. E vinte rotinas preenchem sozinhas o que dá para deduzir. Ao descrever o vestígio, o app já marca os exames a pedir. Ao tocar a lesão no desenho do corpo, já escolhe o nome oficial da região. Ao digitar a placa do veículo, traz marca, modelo, cor e chassi. Ao importar a ocorrência do sistema de despacho, preenche oito campos sem ninguém redigitar. Para as lesões há silhuetas com 182 regiões nomeadas (Figs. 2 e 3) e, para veículos, 81 pontos de marcação em 33 vistas. O croqui é desenhado com medida real, cotas e escala, sobre a imagem aérea do local, com uma placa numerada para cada vestígio (Fig. 4). Como os nomes saem sempre de listas fixas, dois peritos diferentes descrevem a mesma coisa do mesmo jeito.

O aplicativo também confere o que ainda falta. Ele lista os campos obrigatórios não preenchidos, deixa completá-los ali mesmo e só libera o envio ao sistema oficial quando não falta nada. Confere ainda se os horários fazem sentido — recusa uma chegada anterior ao deslocamento, por exemplo. É a diferença entre descobrir a falha no local, com a cena ainda disponível, e descobri-la dias depois, quando não há mais como voltar.

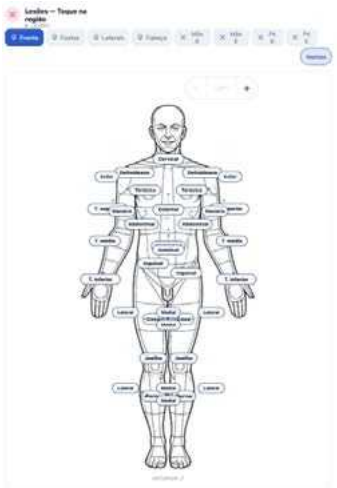


Figura 2. Módulo de lesões, vista anterior. As oito vistas do corpo somam 182 regiões nomeadas, com alternância de rótulos e controle de zoom para o toque preciso.



Figura 3. Vista da cabeça, com cinco sub-vistas — frente, perfis, nuca e topo — e as micro-regiões do catálogo do sistema institucional.

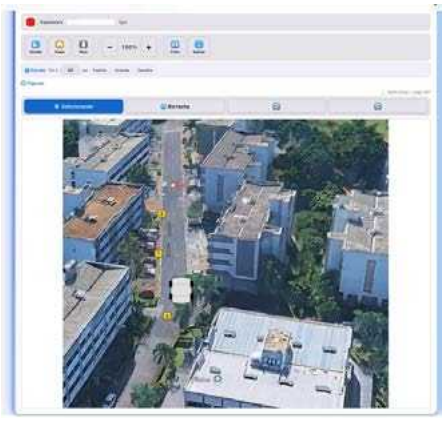


Figura 4. Croqui digital traçado sobre imagem aérea, com escala métrica e placas numeradas.



Figura 5. Módulo de exportação. O pacote reúne o croqui em PDF com o relatório de recolhimento de vestígios ao final, o RRV em PDF, a imagem e o arquivo editável do desenho e as cópias de segurança em JSON, seladas por SHA-256.

4.3. Do local direto para o sistema oficial

O lacre de cada vestígio é lido pela câmera, pelo QR Code, o que evita errar ao copiar o código à mão. E o exame vai do celular para o sistema do Instituto de Criminalística (NEO) sem redigitação: a ocorrência entra pelo aplicativo e o croqui, os materiais, os lacres e os destinos voltam para o sistema oficial ainda no local, atendendo aos elos previstos no art. 158-B do CPP [5]. Em cinco meses, a ferramenta foi incorporada à rotina de plantão da SCPe e usada em mais de 50 locais de crime.

5. LIMITAÇÕES E PRÓXIMOS PASSOS

O projeto tem limites conhecidos. Ainda não há medição sistemática de tempo e de qualidade que comprove o ganho. O aplicativo é mantido por uma pessoa só, o que exige decisão institucional sobre a continuidade. Rodar no aparelho pessoal do perito exige definir de quem é a responsabilidade pelos dados. A escolha de guardar tudo no aparelho, que é justamente o que faz o app funcionar sem sinal, também significa que não existe cópia central. O envio ao sistema oficial só se completa dentro da rede da corporação. E a validação foi feita internamente, sem certificação de terceiros.

Os próximos passos atacam essas lacunas: hospedar o aplicativo dentro da rede da corporação, para o envio funcionar de qualquer lugar, e publicar versões para Android e iPhone nas lojas de aplicativos, completando a rastreabilidade da prova de ponta a ponta.

6. CONCLUSÕES

O Xandroid mostra que dá para inovar em segurança pública sem comprar licença estrangeira. Ele encurta o caminho entre o que o perito vê no local e o que fica registrado no sistema: pergunta menos, preenche mais, sela o registro na hora e entrega os documentos prontos. Ao fazer isso, eleva a auditoria de campo ao rigor de medida que se espera de uma prova — a metrologia legal processual —, a custo institucional nulo e com adoção consolidada na SCPe. O resultado é um roteiro que outras seções e outros estados podem repetir, e a demonstração de que o perito, dominando a própria ferramenta, protege melhor a prova material.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BRASIL. Decreto-Lei nº 3.689, de 3 de outubro de 1941. Código de Processo Penal, arts. 158-A a 158-F (cadeia de custódia).

[2] E. Locard. A investigação criminal e os métodos científicos. São Paulo: Saraiva (1939).

[3] ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Conscientização sobre o local de crime e as evidências materiais. Nova York: UNODC (2010).

[4] BRASIL. Lei nº 13.964, de 24 de dezembro de 2019. Aperfeiçoa a legislação penal e processual penal (Pacote Anticrime). Brasília: Diário Oficial da União (2019).

[5] G. Prado. A cadeia de custódia da prova no processo penal. 1 ed. São Paulo: Marcial Pons (2019).

[6] M.A.V. Vieira. Cadeia de custódia da prova. 1 ed. São Paulo: Scortecci (2018).

[7] BRASIL. Secretaria Nacional de Segurança Pública. POP nº 4.1 — Levantamento de local de crime contra a pessoa. Procedimento operacional padrão: perícia criminal. Brasília: Ministério da Justiça (2013). 242 p.

[8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO/IEC 27037: diretrizes para identificação, coleta, aquisição e preservação de evidência digital. Rio de Janeiro: ABNT (2013).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Inovações no Laboratório de Genética Forense da Polícia Científica do Pará: desenvolvimento de um software para gestão da qualidade

B. D. P. Alcântara[a,*], E. M. Ribeiro-Rodrigues[a], M. S. R. Mata[b]

[a]*Instituto de Criminalistica , Polícia Científica, Pará (PA) , Brasil*
[a]*Instituto de Criminalística, Polícia Científica, Pará (PA), Brasil*
[b]*Diretoria Administrativa e Financeira, Polícia Científica, Pará (PA), Brasil*
[*]*bialcantara2000@yahoo.com.br. Tel.: +55-91-98852-9139*

Palavras-chave: Gestão da Qualidade; Genética Forense; QualiFor-G

1. INTRODUÇÃO

Diante da utilização da tecnologia de banco de dados CODIS (*Combined DNA Index System*) no Brasil — termo genérico utilizado para descrever o programa do FBI de suporte a bancos de dados de DNA voltados à justiça criminal — tornou-se necessária a criação da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos (RIBPG), instituída pela Lei nº 12.654/2012 [1] e regulamentada pelo Decreto nº 7.950/2013 [2]. Nesse contexto, a RIBPG publicou a Resolução nº 12/CG/RIBPG/2019 [3], estabelecendo critérios técnicos e operacionais para o funcionamento dos laboratórios de genética forense no Brasil e para o compartilhamento de perfis genéticos entre as unidades integrantes da rede.

Diante da necessidade de adequação a essa normativa, o Laboratório de Genética Forense (LGF) da Polícia Científica do Pará (PCIPA) implementou ações estratégicas voltadas ao fortalecimento de seu Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ). A gestão da qualidade configura-se como um modelo orientado à padronização de processos, fundamentado em planejamento, controle e melhoria contínua, visando assegurar a confiabilidade e a qualidade dos produtos finais, representados pelos laudos periciais emitidos. Nesse sentido, programas e ferramentas da qualidade constituem instrumentos essenciais para o desenvolvimento, monitoramento e aprimoramento dos SGQs, contribuindo para maior eficiência e eficácia institucional.

Com o objetivo de auxiliar na consolidação e moderniza-ção do SGQ do LGF, foi desenvolvido um sistema web utilizando a plataforma ASP.NET MVC, versão 10, integrado a um banco de dados Microsoft Structured Query Language (SQL) Server, responsável pelo armazenamento e gerenciamento de informações operacionais e documentais. O sistema foi concebido para centralizar e automatizar processos relacionados à gestão da qualidade, possibilitando o armazenamento seguro de credenciais de acesso, documentos institucionais e relatórios técnicos.

A aplicação contempla um módulo de controle documental estruturado em categorias e subcategorias hierárquicas, permitindo o gerenciamento organizado dos diferentes tipos de documentos relacionados ao SGQ. Essa abordagem favorece maior rastreabilidade, padronização, segurança e escalabilidade no armazenamento das informações institucionais.

A estruturação do SGQ representa um avanço estratégico na organização dos processos periciais do laboratório, promovendo maior consistência técnica, rastreabilidade e fortalecimento institucional diante dos desafios crescentes da genética forense e da atividade pericial. Assim, o presente trabalho tem como objetivo apresentar as inovações implementadas no LGF, especialmente no desenvolvimento de soluções

computacionais voltadas à otimização e fortalecimento do Sistema de Gestão da Qualidade.

2. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A implantação da plataforma de gestão QualiFor-G no LGF proporcionará, não apenas a inserção organizada de informações importantes, como também a geração de relatórios e planilhas relacionadas ao SGQ. A Figura 1, mostra a tela de logon da plataforma e representa o ponto inicial de acesso seguro, garantindo autenticação e controle das credenciais dos usuários autorizados. O módulo de login também contribui para rastreabilidade das ações realizadas pelo usuário, fortalecendo o controle operacional e a integridade das informações gerenciadas pela aplicação.



Figura 1. Tela de logon de acesso à plataforma QualiFor-G.

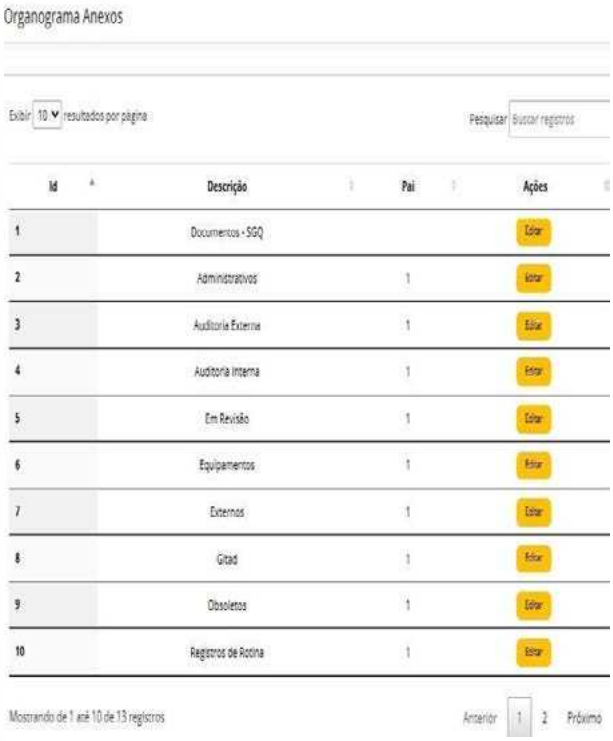


Figura 2. Tela do organograma de gerenciamento e organização dos documentos.

A plataforma terá um organograma responsável pelo gerenciamento da estrutura hierárquica utilizada para classificação e organização dos documentos armazenados como mostrado na Fig. 2. Por meio deste módulo, é possível cadastrar categorias e subcategorias que servirão como base para o mapeamento documental, permitindo identificar de forma estruturada em qual grupo cada arquivo pertence. A funcionalidade suporta múltiplos níveis hierárquicos, possibilitando a criação de uma estrutura organizacional flexível e escalável para diferentes tipos de documentos. O Organograma previamente cadastrado é utilizado diretamente no modulo de **Upload** documental, permitindo que os arquivos sejam vinculados corretamente às suas respectivas categorias, facilitando processos de pesquisa, filtragem, gerenciamento da documentação e auditorias.

A Figura 3, ilustra o gerenciamento e upload dos documentos do sistema da gestão da qualidade, permitindo o armazenamento seguro dos arquivos diretamente no banco de dados SQL (Structured Query Language). Cada documento inserido no sistema possuirá informações complementares como descrição, status, ano de publicação e tipo documental, possibilitando maior controle e rastreabilidade das informações armazenadas. O módulo segue uma estrutura organizacional hierárquica previamente cadastrada no sistema, permitindo identificar de forma padronizada a qual categoria e subcategoria cada documento pertence. Essa abordagem facilita a organização documental, otimiza os processos de busca e consulta de arquivos, além de, contribuir para conformidade com os procedimentos sistema da gestão da qualidade e auditorias.

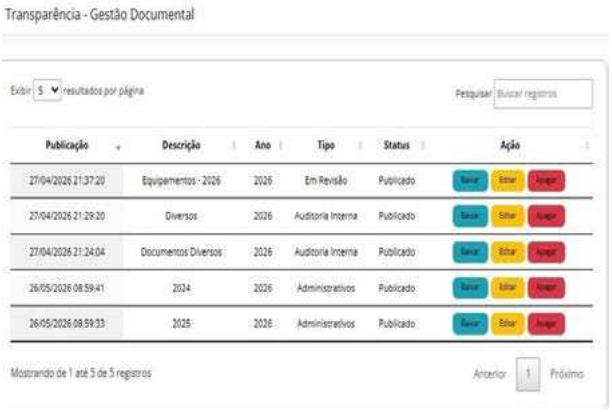


Figura 3. Tela que mostra o upload dos documentos inseridos na plataforma.

A plataforma também permite o gerenciamento de usuários do sistema, permitindo a criação de novos acessos e o controle das permissões atribuídas a cada usuário cadastrado. O módulo foi desenvolvido para garantir maior segurança e controle operacional dentro da plataforma. O sistema contempla diferentes níveis

de acesso, sendo eles usuários do tipo Administrador e Padrão, onde cada perfil possui permissões específicas de acordo com suas responsabilidades e nível hierárquico. Usuários administradores possuem acesso ampliado às funcionalidades gerenciais, incluindo cadastro de usuários, controle documental e parametrizações do sistema. Enquanto usuários padrão possuem acesso restrito às funcionalidades previamente autorizadas. A interface possibilita a visualização, edição e exclusão de usuários cadastrados, além de, mecanismos de pesquisa e organização das informações, conforme a figura 4.

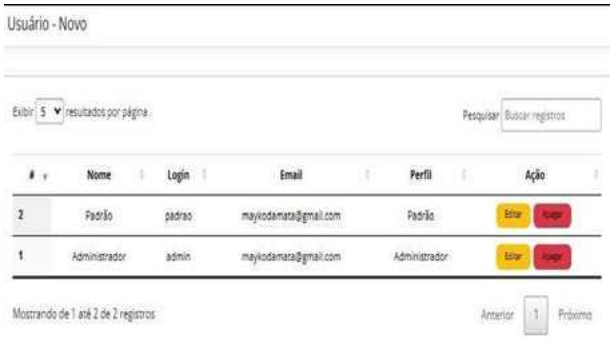


Figura 4. Tela ilustrando o gerenciamento do acesso de usuárioa na plataforma.

3. CONCLUSÃO

Por fim, a plataforma QualiFor-G busca modernizar os processos laboratoriais por meio da ampliação da segurança da informação, do aprimoramento do controle operacional, da automação do monitoramento ambiental e da conformidade com os requisitos do Sistema de Gestão da Qualidade, além de, oferecer suporte às auditorias internas e externas. A implementação da plataforma reafirma o compromisso do Laboratório de Genética Forense com a excelência técnico-científica, o fortalecimento da cadeia de custódia e a garantia da segurança jurídica dos laudos periciais, contribuindo para a elevação dos padrões de qualidade, confiabilidade e eficiência dos serviços prestados à sociedade e ao sistema de justiça.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Lei nº 12.654, de 28 de maio de 2012**. Altera as Leis nºs 12.037, de 1º de outubro de 2009, e 7.210, de 11 de julho de 1984 - Lei de Execução Penal, *para prever a coleta de perfil genético como forma de identificação criminal, e dá outras providências.* Brasília, DF (2012).

BRASIL. **Decreto nº 7.950 de 12 de março de 2013**. *Institui o Banco Nacional de Perfis Genéticos e a Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos*. Brasília, DF (2013).

BRASIL, **Ministério da Justiça e Segurança Pública. Resolução nº 12** - *requisitos técnicos para a realização de auditorias nos laboratórios e bancos que compõem a Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos*. Brasil (2019).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Busca Ativa como função pericial estratégica na identificação e na destinação de corpos sob custódia do Estado

M. F. Medeiros[a,*]

[a]*Instituto de Criminalística, Polícia Científica, Natal (RN), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: marconifmedeiros@gmail.com. Tel.: +55-84-98186-5147.*

Palavras-chave: Sistema de custo; orçamento; gestão; impactos; perícia criminal.

1. INTRODUÇÃO

O setor público brasileiro vem passando por um processo contínuo de reestruturação, impulsionado pela necessidade de modernização e pela transição de um modelo burocrático para uma administração gerencial. O Estado, pressionado por demandas sociais crescentes e recursos escassos, passa a adotar práticas que enfatizam a entrega das políticas públicas com de resultados mais eficiente, eficaz e efetivo. Nesse cenário, a necessidade de prestar serviços de qualidade e assegurar o bem-estar da população faz com que os órgãos públicos precisem melhorar a sua capacidade de planejamento, controle e otimização dos gastos a fim de conseguir cumprir a missão [1-2].

A escassez de recursos que afeta os órgãos periciais tem raízes conhecidas pois sem dados precisos sobre o custo de seus serviços, os gestores periciais perdem capacidade argumentativa nas disputas orçamentárias e ficam impossibilitados de demonstrar, com evidências, o uso eficiente dos recursos que já recebem. A referência [3], a ausência de métricas de custo nos órgãos periciais brasileiros compromete tanto o planejamento interno quanto a avaliação de desempenho das unidades. Ainda segundo os autores, este problema é mais crítico nas unidades do interior dos estados, onde os recursos disponíveis frequentemente ficam aquém do mínimo necessário à prestação adequada do serviço.

Esta escassez de recursos resulta de um conjunto de condições estruturais que se reforçam mutuamente, como a ausência de sistemas formais de apuração de custos, a predominância do regime de caixa na gestão orçamentária público que foca o controle nos fluxos financeiros e não nos recursos efetivamente consumidos. Como observam [4], o regime de caixa na contabilidade pública, por focar apenas nos fluxos de pagamento, não fornece as informações necessárias para um sistema de custos, tornando o regime de competência condição indispensável para a mensuração eficaz dos recursos efetivamente empregados.

A Perícia Criminal, enquanto instituição investida de atribuições essenciais na persecução penal e na garantia dos direitos humanos por meio da prova material, exige alto investimento financeiro para o seu funcionamento como a aquisição de equipamentos de alta tecnologia, insumos para a manutenção das atividades finalísticas e necessidade de capacitação contínua de recursos humanos com alto grau de especialização profissional. Esta especificidade, faz com que a necessidade de implantação de um sistema de gestão de custos (sistema de custos) para minimizar os problemas de uso ineficiente dos recursos, planejamentos desalinhado com as prioridades estratégicas do órgão e orçamentos deficientes e completamente fora da realidade das necessidades da instituição. A despeito da essencialidade do serviço pericial, a alocação de recursos frequentemente esbarra em restrições orçamentárias, quer devido ao planejamento de gastos deficientes ou quer pela frustração de receitas ou demanda crescente de serviços de serviços públicos [1].

Os gestores públicos necessitam de ferramentas que auxiliem na sua tomada de decisão, tendo o ob-

jetivo de otimizar os recursos e melhor alocar os gastos públicos. Necessitam de um sistema de custos que tenha a capacidade de gerar informações e apontar as melhores oportunidades, como decidir entre comprar ou alugar, produzir ou terceirizar, entre outras decisões relevantes para a gestão pública [2].

Para tanto, realizou-se uma revisão sistemática e integrativa da literatura em bases de dados nacionais e internacionais, cobrindo o período de 2000 a 2026, em plataformas conhecidas como google acadêmico e Scielo.

Diante do exposto, o presente artigo tem como objetivo geral analisar a importância do sistema de custos como ferramenta de gestão na perícia criminal. Para isso, busca-se identificar as principais estruturas que compõem um sistema de custos; evidenciar seu impacto no planejamento institucional e orçamentário e sua contribuição para uma tomada de decisão mais fundamentada e eficiente nos órgãos periciais. Para alcançar tais objetivos, estruturou-se uma pesquisa bibliográfica e descritiva, cujo referencial teórico e resultados são apresentados nas seções seguintes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Legislação sobre custos na administração pública

A obrigatoriedade da apuração de custos na administração pública brasileira trata-se de um mandato legal com décadas de vigência, mas frequentemente descumprido por ausência de sistemas adequados, resistência cultural e falta de capacitação técnica para implementá-la. O primeiro marco regulatório sobre a necessidade do levantamento de custos na Administração Pública é a Lei nº 4.320/1964 que já previa que os serviços de contabilidade deveriam ser organizados de forma a permitir a determinação dos custos dos serviços industriais. O Decreto-Lei nº 200/1967 foi ainda mais explícito ao determinar, em seu art. 79, que a contabilidade deveria apurar os custos dos serviços de forma a evidenciar os resultados da gestão [5].

A Lei Complementar nº 101/2000 (Lei de Responsabilidade Fiscal), em seu art. 50, § 3º, determinou expressamente que a Administração Pública manterá sistema de custos que permita a avaliação e o acompanhamento da gestão orçamentária, financeira e patrimonial [6]. Em 2011, Conselho Federal de Contabilidade aprovou a NBC TSP 16 sobre o sistema de informação de custos do setor público que incorporou o ramo da contabilidade de custos ao arcabouço normativo da contabilidade pública. Esta norma buscou estabelecer a conceituação, o objeto, os objetivos e as regras básicas para mensuração e evidenciação dos custos no setor público. E finalmente em 2021, o Conselho Federal de Contabilidade aprovou a NBC TSP 34 que trata dos custos no setor público e representa o estágio mais avançado do marco normativo brasileiro para custos no setor público [7].

2.2. Sistema de custos na administração pública

2.1.1. O que é um sistema de custos?

O sistema de custos é um conjunto estruturado de métodos, normas e procedimentos utilizado para identificar, medir, registrar e alocar os custos de produção ou prestação de serviços de uma empresa ou entidade pública. Ele transforma dados operacionais em informações gerenciais, permitindo calcular o custo unitário de produtos e serviços, controlar estoques e apoiar a tomada de decisão sobre preços e eficiência, subsidiando gestores na tomada de decisões acerca da alocação de recursos.

O sistema de custos no setor público deve ser organizado de forma a propiciar o desenvolvimento de modelos de gerenciamento de custos com foco nos processos de planejamento, tomada de decisão, monitoramento, avaliação de desempenho, transparência, prestação de contas, responsabilização e qualidade do gasto público [7-8].

2.1.2. Objetivos do sistema de custos

A referência [7] elenca um rol de objetivos do sistema de custos na administração pública:

(a) mensurar e evidenciar os custos dos bens e serviços entregues à sociedade, bem como dos demais objetos de custos;

(b) apoiar a avaliação de desempenho, permitindo a comparação entre os custos da entidade com os de outras entidades, públicas ou privadas, estimulando sua melhoria;

(c) subsidiar a tomada de decisão em processos, tais como comprar ou alugar, produzir internamente ou terceirizar determinado bem ou serviço, introduzir novos produtos e serviços, descontinuar antigos, estabelecer tarifas;

(d) apoiar as funções de planejamento e orçamento, fornecendo informações que permitam projeções e definições de tarifas e preços aderentes à realidade com base em custos incorridos e projetados;

(e) subsidiar ações de planejamento, monitoramento de custos e melhoria da qualidade do gasto;

(f) produzir informações que atendam aos diversos níveis gerenciais da entidade;

(g) subsidiar estudos com vistas a promover a busca pela eficiência nos órgãos e entidades do setor público;

(h) direcionar políticas de contingenciamento do gasto público com o objetivo de minimizar seus impactos nas ações governamentais; e

(i) apoiar o monitoramento do planejamento estratégico.

2.1.3. O que é custo?

Uma confusão muito recorrente na administração pública é acreditar que os conceitos de custo e despesa apresentam significados semelhantes ou são sinônimos. O custo mede o consumo efetivo de recursos na produção de um bem ou serviço enquanto que a despesa representa o desembolso financeiro correspondente a atos de gestão necessários à manutenção da sua estrutura administrativa, não relacionados diretamente aos gastos da produção de bens ou serviços. O custo é, portanto, o elo que conecta recursos a resultados, como o custo de uma consulta médica, de uma aula, de uma fiscalização ou de um laudo pericial [9].

2.1.4. Objeto de Custo

Objeto de custo é a unidade para a qual se deseja identificar, mensurar e avaliar os custos. O conceito é amplo, podendo ser considerado como tal qualquer item no qual os custos conseguem ser identificados e que tem relevância para a gestão [7-8]. Na atividade pericial, os objetos de custos podem ser compreendidos como: custo por laudo pericial emitido, por tipo de exame ou perícia, por atividade; por área técnica especializada e/ou por programa ou ação de órgão pericial.

2.2. Elementos do sistema de custos

O sistema de custos é formado basicamente por três elementos: Sistema de Acumulação de Custos, Sistema de custeio e método de custeio.

2.2.1. Sistema de acumulação de custos

É o processo de acumular os custos de acordo com o sistema de produção ou execução de serviços, que pode ser caracterizado pela produção contínua e ininterrupta (por processo) ou por encomenda (por ordem). O custeio por processo é o método de custeio em que os custos são atribuídos igualmente a unidades homogêneas, em determinado período, e é utilizado quando a produção é feita em fluxo contínuo. Já a produção por encomenda (por ordem) tem a finalidade de produzir produtos voltado para o atendimento da necessidade dos clientes, com baixas demandas [10].

2.2.2. Sistema de custeio (Base de mensuração)

O sistema de custeio relaciona-se com o modelo ou base de mensuração conforme a necessidade dos gestores ou tomadores de decisão, ou seja, os custos são acumulados segundo as bases as necessidades dos tomadores de decisão. A referência [8] classifica a base de mensuração em custo histórico, custo corrente, custo estimado, custo padrão.

Custo histórico: quando se pretende obter o custo correspondente ao caixa ou a equivalentes de caixa ou ao valor de outra importância fornecida à época de sua incidência;

- Custo corrente: quando se pretende obter o custo que reflete o ambiente econômico vigente na data de mensuração;
- Custo estimado: quando se pretende obter o custo projetado para subsidiar o processo de planejamento; pode basear-se em orçamentos, instrumentos estatísticos, acontecimentos passados e na experiência dos responsáveis pelos objetos de custos;
- Custo-padrão: quando se pretende obter o custo alvo, devendo indicar um custo parametrizado de produção de determinado bem ou serviço que deverá ser perseguido. A única diferença entre os custos estimados e os custos-padrão é que estes são calculados com a ajuda das informações operacionais padronizadas.

2.2.3. Método de custeio

- O método de custeio é uma técnica que deve ser utilizado para atribuição de custos ao objeto de custo e está associado ao processo de identificação do custo ao bem ou serviço que está sendo custeado. Os principais métodos de custeio são: direto, variável, por absorção parcial e por custeio baseado em atividades (método ABC) [10].
- Custeio direto é método que apropria somente os custos diretos, quer fixos ou variáveis, aos produtos e serviços, desde que possam ser perfeitamente identificáveis aos produtos [11]. Este método destaca-se pela simplicidade, pois dispensa a necessidade de direcionadores de custo ou bases de rateio para alocar custos indiretos, no qual apenas os custos diretos são atribuídos aos objetos de custos.

- Custeio variável é método que apropria ao objeto de custo somente os custos variáveis, enquanto os custos fixos são considerados como gastos não ligados diretamente à produção de bens ou serviços, sendo lançados como despesa no resultado do exercício no momento em que ocorrem. É um método muito utilizado no apoio à tomada de decisão, pois não apresenta as distorções provenientes da alocação dos custos fixos [10-11].
- Custeio por absorção ou custeio tradicional é método de custeio que apropria todos os custos diretos e indiretos ao produto ou serviço através da escolha de critérios de rateio ou taxas de direcionadores de custos para alocação destes custos indiretos [11].
- Custeio baseado por atividades (ABC) é um método de custeio que tem como objetivo avaliar com precisão as atividades desenvolvidas em uma organização industrial, de serviços ou comercial, utilizando direcionadores para alocar as despesas e custos indiretos de uma forma mais realista aos produtos e serviços do que aquela realizada por meio de rateios (absorção). O Custeio ABC é uma metodologia de apuração de custos cuja característica de maior destaque é a capacidade de distribuir as despesas e os custos indiretos aos produtos de forma mais justa (em comparação com o Custeio por Absorção), já que tenta mensurar o efetivo consumo desses gastos pelos produtos e serviços [10-11].

.3. APURAÇÃO DE CUSTOS: EXEMPLO DIDÁTICO

Neste trabalho foram usados dados com valores meramente ilustrativos e fins didáticos, não representando os valores reais e atuais deste custo. O método de custeio direto foi utilizado devido a sua maior simplicidade de apuração pois dispensa a necessidade de direcionadores de custo ou bases de rateio para alocar custos indiretos.

O exemplo aqui utilizado trata-se da apuração de custo unitário por laudo de análise de drogas emitido num laboratório de porte médio, através de técnica de análise instrumental bastante conhecida nos laboratórios: A Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier com acessório de Refletância Total Atenuada (FTIR-ATR).

3.1. Premissas e parâmetros

Para o levantamento deste custo precisamos definir um conjunto de parâmetros e premissas necessárias para apropriação dos custos diretos ao objeto de custo (Laudo Emitido).

Tabela 1. Planilha de premissas e parâmetros

PREMISSA/ PARÂMETROS	ESPECIFICAÇÃO / VALOR
Objeto de custo	Laudo pericial de identificação de substância entorpecente
Regime contábil	Competência, conforme NBC TSP 34 (CFC, 2021)
Sistema de acumulação de custeio	Por demanda
Sistema de custeio (base de mensuração)	Custo estimativo
Método de custeio	Direto (apropriação de todos os custos diretos processo analítico e emissão do Laudo).
Salário base do perito criminal*	R$ 15.753,00 bruto/mês (mediana dos salários iniciais)
Encargos patronais (RPPS 14%, 13.º 8,33%, férias + 1/3 = 11,11%)	33,44% sobre o salário base
Custo total mensal do perito ao erário	R$ 21.020,80
Carga horária mensal	160 h/mês (8 h/dia × 20 dias)
Custo hora - perito	R$ 131,38/h → R$ 2,190/min

Fonte: Elaborado pelo autor com base em [7] e tabelas salariais de carreiras periciais.

3.2. Levantamento dos tempos de execução das atividades

Tabela 2. Tempos de execução da análise

ATIVIDADE	TEMPO (min)	RESPONSÁVEL	OBSERVAÇÃO
1. Recebimento e autuação	10	Perito	Verificação da cadeia de custódia, protocolo, registro em sistema
2. Preparo do equipamento / background	8	Perito	Espectro de referência
3. Preparação da amostra	5	Perito	deposição no ATR

ATIVIDADE	TEMPO (min)	RESPONSÁVEL	OBSERVAÇÃO
4. Corrida instrumental (automático)	3	Instrumento	64 varreduras/análise
5. Limpeza e verificação pós-análise	4	Perito	limpeza do cristal ATR
6. Processamento e interpretação	20	Perito	Identificação espectral, comparação com padrão e biblioteca
7. Redação e assinatura do laudo	30	Perito	Fundamentação técnica, conclusão e referências normativas
8. Documentação e custódia final	10	Perito	Lacração, registro, arquivamento e encaminhamento
TEMPO TOTAL	**90**		

3.3. Apuração de custos diretos

A apropriação dos custos diretos foi realizada em duas categorias: (A) mão de obra direta (tempo do perito criminal alocado a cada fase do processo analítico e de elaboração do laudo) e (B) materiais utilizados na análise (reagentes, padrões de referência e consumíveis).

Tabela 3. Apuração de custos diretos (FTIR-ATR)

(A) - CUSTOS DIRETOS DE MÃO DE OBRA			CUSTO	
ELEMENTO DE CUSTO	BASE DE CÁLCULO	QDE. (min)	UNIT. (R$)	TOTAL (R$)
Recebimento, identificação e autuação da amostra	Custo/min (unit.) × tempo de atividade	10	R$ 2,190	R$ 21,90
Limpeza do ATR e coleta do espectro de background	Custo/min (unit.) × tempo de atividade	7	R$ 2,190	R$ 15,33
Deposição da amostra sobre o cristal ATR (diamante)	Custo/min (unit.) × tempo de atividade	3	R$ 2,190	R$ 6,57
Aquisição do espectro (64 varreduras, automático)	Custo/min (unit.) × tempo de atividade	3	R$ 2,190	R$ 6,57
Limpeza do cristal pós-análise	Custo/min (unit.) × tempo de atividade	2	R$ 2,190	R$ 4,38
Processamento espectral e busca em biblioteca	Custo/min (unit.) × tempo de atividade	15	R$ 2,190	R$ 32,85
Comparação visual, interpretação de bandas e conclusão técnica	Custo/min (unit.) × tempo de atividade	10	R$ 2,190	R$ 21,90
Redação, revisão e assinatura do laudo	Custo/min (unit.) × tempo de atividade	30	R$ 2,190	R$ 65,70
Acondicionamento, documentação de cadeia de custódia e arquivamento	Custo/min (unit.) × tempo de atividade	10	R$ 2,190	R$ 21,90
SUBTOTAL MÃO DE OBRA DIRETA				**R$ 197,10**

(B) — CUSTOS DIRETOS DE MATERIAIS			CUSTO	
ELEMENTO DE CUSTO	BASE DE CÁLCULO	QDE.	UNIT. (R$)	TOTAL (R$)
Isopropanol PA 99,5% para limpeza do cristal ATR	limpeza pré + pós análise	2 mL	R$ 0,19	R$ 0,38
Swabs/cotonetes analíticos de algodão	3 unidades por análise (limpeza do cristal)	3 unid	R$ 0,12	R$ 0,36
Luvas nitrílicas descartáveis	R$ 0,90/par — 2 pares (preparo e análise)	2 unid.	R$ 0,90	R$ 1,80
Papel absorvente	Custo unitário estimado	2 unid	R$ 0,05	R$ 0,10

(B) — CUSTOS DIRETOS DE MATERIAIS			CUSTO	
Envelope de segurança 197 por 150 mm	R$ 2,28/ envelope	2 unid	R$ 2,28	R$ 4,56
SUBTOTAL MATERIAIS DIRETO				**R$ 7,20**
CUSTO TOTAL LAUDO FTIR-ATR				**R$ 204,30**

Fonte: Elaborado pelo autor com base em preços obtidos em sites especializados e ARP nº 017/2025 da Polícia Científica do Estado do Espírito Santo no Portal Nacional de Contratações Públicas (PNCP)

5. IMPACTOS NA GESTÃO DOS ÓRGÃOS PERICIAIS

A gestão de custos é uma ferramenta de gerenciamento de planejamento que desempenha um papel central na tomada de decisões das instituições pericias. Entre elas podemos destacar o planejamento de longo prazo (planejamento estratégico), o orçamento e tomada de decisões.

Um sistema de custos desempenha papel decisivo na integração com o planejamento estratégico pois permite verificar a aderência entre as prioridades estratégicas declaradas pelos órgãos periciais e a alocação efetiva de recursos, identificando distorções entre o planejado e o executado. Neste contexto, informações de custo acumuladas ao longo do tempo modifica a forma como a gestão planeja pois ela deixa de estimar em base de informações e passa a planejar com base em dados reais e confiáveis. Este impacto no planejamento estratégico é observado quando o gestor dispõe de informações como de quanto custará ampliar a capacidade de um laboratório, qual o impacto orçamentário de incorporar uma nova técnica analítica, em quanto tempo um investimento em modernização e automação paga-se pela redução de horas-perito e/ou obsolescência da técnica atual. Todas estas possibilidades de planejamento buscam viabilizar e atender a missão, visão e valores destes órgãos.

Historicamente, os orçamentos públicos são elaborados com base no histórico de gastos (orçamento incremental) e este modelo traz muitos problemas à administração pública como perpetuar despesas ineficientes, ocultação de demandas reprimidas ou até despesas desnecessárias para garantir a manutenção do orçamento no ano seguinte etc. A transição de um orçamento incremental para uma gestão baseada em custos rompe com esta inércia administrativa e deixa-se de se elaborar o orçamento pelo que foi gasto no passado, passando a justificá-lo pelo custo mais previsível e baseado em evidências, transparência dos gastos e tomadas de decisões mais assertivas. A perícia criminal, como a maioria dos órgãos públicos, apresenta deficiências na condução de suas despesas orçamentárias devido, muitas das vezes, à ausência de um sistema de custo capaz de mensurar suas despesas (gastos) diante aos seus custos operacionais atual e futuros.

Outro impacto observado com a institucionalização de um sistema de custos é a possibilidade da tomada de decisões mais assertivas, eficazes e eficientes por parte dos gestores. Pode-se observar a importância do sistema de custos quanto a tomada de decisão sobre uma determinada técnica de análise instrumental num laboratório forense, por exemplo. Qual o custo comparativo para cada exame realizado? Qual técnica apresenta o melhor custo-benefício? Quais equipamentos ou técnicas apresentam menores custos de manutenção ou maior sustentabilidade econômica ou ambiental? Os custos envolvidos fazem com que o gestor opte por adquirir qual técnica para seus laboratórios?

Outra opção é dotar o gestor de informações que o ajude a decidir se é viável adquirir uma técnica que apresente um custo maior, mas que tem menor impacto ambiental e na saúde do profissional? Um equipamento com ciclo de vida maior justificaria a sua aquisição diante dos custos menores de outras técnicas? Todas estas perguntas podem ser respondidas baseadas em evidências e informações de custos reais com a implantação da gestão de custos nos órgãos de Perícias.

6. CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo geral analisar a importância do sistema de custos como ferramenta de gestão na perícia criminal. Para isso, buscou-se identificar as principais estruturas que compõem um sistema de custos; evidenciando seu impacto no planejamento institucional e orçamentário e sua contribuição para uma tomada de decisão mais fundamentada e eficiente nos órgãos periciais.

A partir da investigação do conhecimento na literatura científica consultada, foi possível responder à questão de pesquisa proposta, confirmando que a aplicação de sistemas de custos nos órgãos de perícia criminal não é apenas viável tecnicamente, mas necessária tanto do ponto de vista gerencial quanto normativo. A informação de custo transforma dados de execução orçamentária em conhecimento gerencial, viabilizando decisões fundamentadas e priorizadas sobre alocação de recursos, tomadas de decisões sobre investimentos em bens e serviços, como também,

a adesão ao alinhamento planejamento estratégico das instituições.

O sistema de custos na administração pública se configura como uma ferramenta fundamental para a otimização da gestão dos gastos públicos, promovendo a eficiência, eficácia e a transparência na aplicação dos recursos. Através da implementação desse sistema, os gestores públicos podem obter informações precisas sobre os custos alocados ao objeto e identificar oportunidades para otimizar os gastos, tomando decisões mais assertivas. O sistema de custos representa uma ferramenta poderosa para a transformação da gestão pública brasileira, impulsionando a eficiência, a transparência, a responsabilidade fiscal e a qualidade dos serviços públicos.

Diante a escassez de trabalhos sobre sistema de custos na área pericial, da limitação de tempo para levantamento de dados mais confiáveis sobre o mapeamento de atividades e direcionadores ou de rateio de custos para a alocação dose custos indiretos na apuração de custos do exemplo apresentado, deixamos de realizar um trabalho mais refinado desta proposição.

A título de sugestão, baseado nas limitações citadas, seria importante a realização de um estudo comparativo baseados no método de custeio por absorção ou no método de custeio baseado em atividades (ABC) para demonstrar com esta gestão de custo se apresenta como uma poderosa ferramenta de tomada de decisão para a gestão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] N. Machado; V.B. Holanda. Diretrizes e modelo conceitual de custos para o setor público a partir da experiência no Governo Federal do Brasil. Rev. *Adm. Pública* **44**: 791-820 (2010).

[2] L.M. Santos; A.M. Andrade; M.S. Azevedo. A importância da implementação do sistema de custos no setor público. *Rev. Foco* **17**: 01-14 (2024).

[3] I.S. Figueiredo; V.P. Stumvoll. Um método para medição de desempenho do serviço público de Perícia Criminal com base no valor. *Gestão & Produção* **24**: 538-556 (2017).

[4] F. Rezende; A. Cunha; R. Bevilacqua. Informações de custos e qualidade do gasto público: lições da experiência internacional. *Rev. Adm. Pública* **44**: 959-992 (2010).

[5] K.G.S.A. Padrones; W.J.L. Santos; A.C.V. Colares. Implantação do sistema de informação de custos no setor público: a experiência do Governo Federal Brasileiro. *Anais do Congresso UnB de Contabilidade e Governança*. 68-98 (2017).

[6] Brasil. *Lei Complementar nº 101, de 4 de maio de 2000 – Lei de Responsabilidade Fiscal*. Presidência da República, Brasil (2000). Retirado em 28/05/2026, de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp101.htm

[7] Conselho Federal de Contabilidade. NBC TSP 34 – *Custos no Setor Público*. CFC, Brasil (2021). Retirado em 28/05/2026, de http://www.cfc.org.br

[8] Brasil. Secretaria do Tesouro Nacional. *Manual de Informações do Sistema de Custos do Governo Federal* . Tesouro Nacional, Brasil (2025). Retirado em 28/05/2026, de http://www.gov.br/tesouronacional

[9] M. Alonso. Custos no serviço público. *Rev. Serv. Público* **50**: 37-63 (1999).

[10] F.A.F. Chacon. *Gerenciamento de Custos Aplicados ao Setor Público*. CAPES, Brasil (2024). Retirado em 22/05/2026, de https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/1131836/1/Gerenciamento%20de%20Custos%20aplicados%20ao%20Servi%C3%A7o%20P%C3%BAblico.pdf

[11] N. Machado. Sistema de informação de custo: diretrizes para integração ao orçamento público e à contabilidade governamental. *Tese de Doutorado*, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo (2002).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Busca Ativa como função pericial estratégica na identificação e na destinação de corpos sob custódia do Estado

A. U. S. Petry[a,*], P. V. Machado[a], B. F. P. Beck[a], R. P. Baldasso[a], K. C. Crespo[a], M. C. Barros[a], A. L. Araújo[a], D. M. F. Montalvo[a], P. Marina[a]

[a]Departamento Médico-Legal, Instituto-Geral de Perícias, Porto Alegre (RS), Brasil
[*]Endereço de e-mail para correspondência: adriana-petry@igp.rs.gov.br. Tel.: +55-51-99196-2197.

Palavras-chave: Busca ativa; identificação; integração de dados; perícia criminal; pessoas desaparecidas

1. INTRODUÇÃO

A busca ativa no âmbito pericial consiste em um conjunto de ações destinadas à identificação de pessoas desconhecidas e à localização de familiares de pessoas identificadas, porém não reclamadas. Tem por finalidade a coleta de informações oficiais sobre indivíduos, apresentando como objetivo principal a localização e/ou identificação de pessoas desaparecidas, vivas ou mortas, e de remanescentes humanos, promovendo a integração das ações necessárias à identificação e à vinculação com seus familiares. Trata-se de função pericial que integra áreas técnico-científicas e instituições externas, com foco na padronização e na interoperabilidade das informações.

A Busca Ativa atua como elo entre os dados técnico-científicos produzidos pela perícia e os familiares de pessoas desaparecidas ou falecidas, promovendo a integração entre áreas, a rastreabilidade das informações e a segurança jurídica dos procedimentos. Também favorece o confronto entre dados *ante mortem* e *post mortem*, conduzindo para a identificação humana, e adequado tratamento de corpos e remanescentes, de forma legal, ética e digna. Configura-se, portanto, como função pericial transversal, técnica, ética e humanitária, essencial para a integração das ações identificatórias e para o cumprimento da função social da perícia oficial. Mais do que um serviço auxiliar, alia conhecimento técnico, sensibilidade humana e visão sistêmica. No contexto da identificação humana, são coletadas e organizadas informações técnico-científicas e administrativas essenciais, tais como:

- Impressões digitais;
- Registros em prontuários médico odontológicos;
- Sinais físicos identificadores;
- Dados sociodemográficos e circunstâncias do encontro do corpo;
- Registro fotográfico padronizado e ficha datiloscópica;
- Coleta de material biológico para DNA;
- Registros de sepultamento.

Esses dados alimentam bancos institucionais e possibilitam:

- Padronização das informações;
- Confronto entre dados ante mortem e post mortem;
- Confirmação da identidade;
- Integração com a rede institucional;
- Destinação adequada do corpo, conforme princípios técnicos, legais e éticos.

Nesse cenário, o presente trabalho tem como objetivo descrever a relevância da Busca Ativa como função pericial estratégica na integração de dados, na padronização de fluxos e na efetividade do processo de identificação humana no contexto da Polícia Científica do Rio Grande do Sul.

2. MÉTODO

Trata-se de estudo descritivo, de caráter expositivo, voltado às atividades desenvolvidas pelo Núcleo de Busca Ativa do Instituto-Geral de Perícias e à demonstração de sua relevância no processo de identificação humana, com ênfase em suas atribuições institucionais, articulações interinstitucionais e papel na organização das informações e na integração das ações identificatórias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No dia 10 de fevereiro de 2025, iniciou-se formalmente, no Departamento Médico-Legal, o Núcleo de Busca Ativa (NBA), serviço responsável por conferir celeridade ao processo de destinação de corpos, remanescentes humanos e vestígios antropológicos custodiados pelo Estado do Rio Grande do Sul na esfera criminal. O Núcleo iniciou sua formação em função de diferentes necessidades surgidas no Necrotério da capital e na área de Antropologia Forense, expandindo posteriormente sua atuação para além do âmbito estadual. Essa expansão já se estendeu a Institutos Médico-Legais de outros estados, na busca de apoio do Núcleo na localização de familiares de corpos sob sua custódia.

Além da busca por familiares de corpos identificados e não reclamados em bancos de dados restritos, o Núcleo também visa integrar ações voltadas às famílias de pessoas desaparecidas em todo o território nacional, realizando levantamento de dados que possam conduzir à identificação de pessoas até então não identificadas no Estado do Rio Grande do Sul.

Entre as demandas contempladas pelo serviço, destacam-se:

- Entrevistas com familiares de pessoas desaparecidas;
- Entrevistas para prova de vida, conduzindo à identificação de remanescentes humanos;
- Acompanhamento de processos judiciais envolvendo sepultamento de necropsiados;
- Atualização de banco de dados de pessoas desaparecidas;
- Articulação institucional para coleta de material genético;
- Comunicação e orientação a familiares quanto aos procedimentos administrativos e periciais.

A busca de familiares de periciados, oriundos do necrotério e da Antropologia Forense, por exemplo, é realizada no âmbito do Rio Grande do Sul, em outros estados da federação ou no exterior, também em colaboração com institutos médico-legais do país ou fora dele.

O Núcleo de Busca Ativa também orienta o Serviço Psicossocial do Departamento Médico-Legal quanto às comunicações necessárias aos familiares, incluindo:

- Encaminhamentos à Divisão de Genética Forense;
- Encaminhamentos para agendamento no necrotério;
- Fornecimento de informações necessárias;
- Orientações sobre procedimentos administrativos e periciais.

Invariavelmente, o próprio Núcleo realiza a comunicação direta com os familiares, garantindo agilidade, padronização e segurança na transmissão das informações.

O NBA também acolhe diversas atividades administrativas que auxiliam os setores periciais associados, contribuindo para que o processo de identificação e a vinculação entre família e periciado ocorra no menor tempo possível.

A concepção do Núcleo é atuar como função pericial transversal de apoio à identificação humana, com interface técnico-administrativa, podendo produzir documentos técnicos e, quando cabível, peças periciais próprias. O Núcleo de Busca Ativa atualmente pode gerar um laudo pericial: o laudo de Identidade por exclusão, onde se adota a metodologia de identidade por exclusão, aplicável quando os métodos científicos diretos de identificação nominal (papiloscopia, odontologia forense e antropologia forense) se mostram inviáveis ou inconclusivos. Para este laudo, adotam-se os seguintes procedimentos: 1) Levantamento de familiares consanguíneos do indivíduo periciado em bancos de dados oficiais digitais, com análise das relações de parentesco; 2) Verificação de prova de vida ou de óbito de irmãos bilaterais e unilaterais do mesmo sexo do falecido em data posterior à primeira entrada do corpo ou dos remanescentes humanos no Departamento Médico-Legal; 3) Análise integrada dos dados, utilizando raciocínio lógico abdutivo e dedutivo; 4) Exame de documentos oficiais e, quando necessário, contato com familiares para complementação documental; 5) Consideração de eventuais elementos antropológicos secundários (sinais físicos, tatuagens ou outras particularidades identificatórias), quando disponíveis. Ressalta-se que o laudo de identidade por exclusão não confere identificação nominal por método científico direto, mas estabelece a identidade por exclusão com base em prova genética indireta (paren-

tesco), documentação oficial e lógica pericial, conforme prática consolidada em antropologia forense.

3.1. Atribuições do Núcleo de Busca Ativa

São atribuições do Núcleo de Busca Ativa do Instituto-Geral de Perícias:

- Coletar e analisar informações oficiais sobre indivíduos, com o objetivo de localizar e/ou identificar pessoas desaparecidas, vivas ou mortas, e remanescentes humanos, promovendo a integração das ações necessárias à identificação e à vinculação com seus familiares;
- Atuar no âmbito da custódia do corpo, realizando a busca ativa como parte integrante do processo de identificação humana e destinação de corpos sob responsabilidade técnico-pericial do Instituto-Geral de Perícias;
- Manter articulação permanente com os setores técnicos do Instituto-Geral de Perícias — Antropologia Forense, Genética Forense, Odontologia Legal, Necropapiloscopia e Assistência Psicossocial — para intercâmbio de informações e alinhamento de procedimentos voltados à identificação humana;
- Realizar pesquisas e cruzamentos de dados em sistemas oficiais, como CSI/RS, INFOSEG, CINTEPOL/PF, CNJ e outros, bem como em bancos de perfis genéticos, registros civis e fontes complementares, observando a legislação aplicável e a proteção de dados pessoais, especialmente a Lei nº 13.709/2018 (Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais – LGPD);
- Receber e processar comunicações relativas a cadáveres, remanescentes humanos e vestígios antropológicos identificados e não reclamados, conforme o disposto na Instrução Normativa IGP nº 03/2025, com o objetivo de localizar familiares antes da inumação;
- Elaborar relatórios de busca ativa documentando as diligências realizadas, os contatos efetuados e os resultados obtidos, garantindo o registro no sistema pericial (PGP) e a rastreabilidade das informações;
- Promover a interface entre o Instituto-Geral de Perícias e outros órgãos públicos, como Delegacias de Polícia, Ministério Público, Poder Judiciário, cartórios de registro civil, secretarias de assistência social e serviços funerários, assegurando o fluxo interinstitucional previsto em lei;
- Encaminhar as famílias localizadas aos órgãos competentes para coleta de material genético, registro de óbito e demais providências administrativas, orientando quanto a direitos, procedimentos e prazos;
- Zelar pela confidencialidade e pelo tratamento adequado dos dados pessoais de indivíduos e familiares, em conformidade com os princípios da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais;
- Contribuir para a implementação da Política Nacional de Pessoas Desaparecidas, mediante o compartilhamento de informações e a cooperação técnica com as Polícias Científicas e órgãos parceiros de outros entes federativos;
- Propor melhorias normativas e operacionais relacionadas à busca ativa, identificação e destinação de corpos não reclamados, em consonância com as legislações vigentes, especialmente as Leis nº 6.015/1973 e nº 8.501/1992, e com as diretrizes da Direção-Geral do Instituto-Geral de Perícias.

As atividades de busca ativa podem ser desenvolvidas por equipe multidisciplinar composta por servidores da perícia oficial das mais variadas áreas, por exemplo:

- Peritos oficiais das áreas de psicologia e/ou assistência social (para as entrevistas e comunicações com as famílias);
- Peritos oficiais da área de ciências jurídicas e sociais (para os acompanhamentos processuais impetrados pelas famílias em todas as fases, sendo um diferencial para evitar entraves e acelerar liberações, prevenindo riscos e sugerindo soluções legais específicas do tema, além da garantia de que todos os procedimentos sejam realizados conforme a legislação vigente);
- Peritos oficiais de áreas da saúde que possam auxiliar o entendimento clínico de cada caso (Medicina Legal, Odontologia Legal);
- Papiloscopistas (para as coletas de impressões digitais de familiares e pesquisa no AFIS, em entrevistas e provas de vida, por exemplo);
- Fotógrafos de natureza criminal (para fotografias identificatórias no necrotério e tratamento/padronização de imagens);
- Técnicos em perícias (para as pesquisas e trabalhos administrativos).

No Instituto-Geral de Perícias, a equipe de busca ativa é composta por peritos da área da Psicologia e do Direito, com apoio de peritos da área da odontologia e de peritos médicos legistas. Encontra-se fisi-

camente sediado na Seção de Antropologia Forense, no âmbito da Divisão de Perícias Especializadas do Departamento Médico-Legal.

No período compreendido entre fevereiro de 2025 e abril de 2026, foram obtidos os seguintes resultados institucionais:

- Mais de 358 buscas concluídas referentes a corpos no necrotério do DML/RS;
- 255 Relatórios de Busca Ativa;
- 05 Relatórios de Identidade por Exclusão;
- 03 Laudos de Identidade por Exclusão;
- 08 registros/buscas de desaparecidos;
- 06 buscas realizadas em colaboração com PMLs do interior;
- 11 buscas realizadas em colaboração com outros Estados;
- 16 acompanhamentos processuais relacionados à destinação de corpos e identificação humana.

Destaca-se a crescente aproximação entre o Núcleo de Busca Ativa e os diversos setores internos da perícia, como a Papiloscopia, a Fotografia Forense, a Genética Forense, a Medicina Legal, a Odontologia Legal, a Antropologia Forense e a Criminalística. Essa integração contribui para o alinhamento de procedimentos, o compartilhamento de dados e a otimização das atividades relacionadas ao processo identificatório. Da mesma forma, evidencia-se a ampliação da articulação com setores externos, incluindo Delegacias de Polícia especializadas em pessoas desaparecidas, Departamentos de Homicídios e Proteção à Pessoa, a Superintendência dos Serviços Penitenciários, Secretarias Municipais de Assistência Social, a Polícia Federal e Institutos Médico-Legais de outros estados da federação. Essa atuação conjunta fortalece a rede institucional e amplia a capacidade de resposta diante das demandas relacionadas à identificação humana e à destinação de corpos sob custódia do Estado: a colaboração interinstitucional revela-se elemento fundamental para o sucesso do Núcleo de Busca Ativa, uma vez que promove o trabalho em equipe, o compartilhamento de informações e a troca de conhecimentos técnicos entre os profissionais envolvidos.

4. CONCLUSÃO

A Busca Ativa constitui função pericial estratégica no processo de identificação humana, desempenhando papel fundamental no âmbito da perícia oficial. Seu fortalecimento institucional promove a integração entre setores, a padronização de fluxos de trabalho, a rastreabilidade das informações e maior efetividade na identificação de pessoas. Nesse contexto, as parcerias interinstitucionais eficazes demonstram que a combinação de habilidades e saberes diversos pode resultar em soluções mais eficientes, impactantes e inovadoras no processo de identificação humana, reforçando o compromisso da perícia oficial com a dignidade humana, a segurança jurídica e o interesse público.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] R.P. Baldasso; A.D. Borges; B.F.P. Beck; K. Campos; P. V. Machado. Busca Ativa de pessoas não identificadas e identificadas. In: Conselho Nacional de Dirigentes de Polícia Científica - CONDPCI. *Rede PCI Conecta: guia de serviços e manual de implementação*. Campinas: Millenium Editora, 2025. 205-216.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Otimização da Gestão de Equipamentos Forenses: A Automatização de Registros como Ferramenta de Garantia da Qualidade

L. T. Silva[a*], S. M. Dias[b], M. M. T. Rosário[b]

[a]*Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), Brasil*
[b]*Polícia Científica do Paraná, Curitiba (PR), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: est.luiza.teixeira@policiacientifica.pr.gov.br Tel.: +55-4199745-1118*

Palavras-chave: Automatização de Registros; Genética Forense; Gestão da Qualidade; Manutenção de Equipamentos; Resolução nº 12/2019 da RIBPG;

1. INTRODUÇÃO

A genética forense consolidou-se como tecnologia fundamental para os modernos sistemas de justiça criminal, fornecendo evidências cruciais para a identificação individual e para a localização de pessoas desaparecidas. Devido ao impacto das análises de DNA nas decisões judiciais, é imprescindível que os laboratórios operem sob um rígido Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), assegurando a máxima confiabilidade e a rastreabilidade de seus resultados analíticos. Mundialmente, esse controle baseia-se na acreditação segundo a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025.

No cenário nacional, o controle de qualidade é regulamentado pela Resolução nº 12/2019 do Comitê Gestor da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos (RIBPG). Especificamente no seu "Item 6.3 – Equipamentos", a normativa estabelece que os laboratórios devem garantir a disponibilidade de todos os instrumentos, softwares e aparelhos auxiliares necessários para a correta execução dos ensaios. O item prevê expressamente a obrigatoriedade de se manter planos e registros detalhados de manutenção e calibração de todos os equipamentos que influenciam diretamente as atividades laboratoriais. Visando garantir a confiabilidade dos resultados, faz-se necessário um sistema de gestão robusto para o arquivamento das intervenções realizadas segundo preconizado pelo fabricante, bem como a documentação de qualquer dano, mau funcionamento, modificação ou reparo sofrido pelos instrumentos. Conforme as diretrizes, qualquer aparelho que apresente defeitos ou produza resultados questionáveis deve ser imediatamente retirado de serviço e isolado de forma a impedir seu uso inadvertido.

Dentro do escopo da gestão da qualidade e da normalização laboratorial, a manutenção consiste em um conjunto de operações dividido em: manutenção preventiva (atuação planejada em intervalos definidos de tempo para reduzir falhas ou quedas de desempenho, englobando limpezas, calibrações e ajustes de parâmetros) e manutenção corretiva (aplicada após a ocorrência de falhas resultantes de defeito ou desgaste de componentes, normalmente executada por terceiros). Estruturalmente, dividem-se em manutenção interna (realizada por usuários do próprio laboratório) e manutenção externa (procedimento executado por empresas ou técnicos terceirizados contratados).

O parque tecnológico de um laboratório de genética forense compreende equipamentos críticos que influenciam diretamente o resultado do ensaio (como analisadores genéticos, termocicladores, plataformas de PCR em tempo real e robôs de pipetagem) e equipamentos não críticos ou auxiliares. Mapear o fluxo de trabalho pericial permite classificar esses ativos conforme o seu potencial de impacto analítico. Visando otimizar os registros obrigatórios pelo item 6.3, mitigar falhas técnicas não rastreadas e assegurar que o parque analítico seja monitorado em conformidade com as diretrizes da RIBPG, o presente trabalho propõe a substituição dos registros tradicionais de Excel

por um ecossistema de formulários práticos via Google Forms, integrados por meio de leitura de códigos QR (*QR Codes*).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de levantamento de requisitos iniciou-se com o mapeamento detalhado de todo o fluxo de trabalho do laboratório de Genética Forense da Polícia Científica do Paraná. O critério de criticidade adotado foi a potencialidade de o mau funcionamento ou a falha na calibração de um equipamento comprometer a validade do resultado final. Foram mapeados equipamentos centrais das etapas de extração, amplificação e detecção (como sequenciadores, sistemas NGS e picotadores automatizados), além de sistemas auxiliares e não críticos (ultrapurificador de água, autoclaves, centrífugas e a higienização dos próprios ambientes laboratoriais), demonstrando que a automação proposta é abrangente e adaptável.

Para o desenvolvimento da solução, optou-se pela utilização da plataforma integrada do Google Workspace. O Google Forms foi empregado como interface digital para a coleta de dados, enquanto o Google Sheets atuou como repositório centralizado (Planilha Mestra). Esta arquitetura computacional restringe as permissões de edição direta no repositório, garantindo que o fluxo de respostas alimente automaticamente a planilha de forma síncrona e segura, mitigando o risco de modificações acidentais ou exclusões inadvertidas por parte dos operadores. Como protocolo de arquivamento mensal da Gerência Técnica, os dados consolidados na Planilha Mestra são exportados em formato PDF e armazenados em pastas digitais dedicadas ao histórico de cada instrumento. O design dos formulários foi concebido como *checklists* dinâmicos com regras de validação e campos obrigatórios para: data e horário da intervenção, identificação do responsável técnico, detalhamento dos procedimentos executados, registro de parâmetros metrológicos, controle de insumos e status de limpeza pós-uso.

A metodologia de automatização foi aplicada e validada em três equipamentos centrais da rotina laboratorial:

- **Analisador Genético 3500 (Applied Biosystems):** Equipamento analítico crítico responsável pela separação eletroforética e geração dos dados primários de perfis genéticos. As exigências cronológicas de manutenção interna preventiva preconizadas pelo fabricante foram parametrizadas no formulário digital conforme estabelecido na Tab. 1.

Tabela 1: Cronograma de Rotinas de Manutenção Preventiva do Sequenciador 3500.

Periodicidade	Parâmetros Técnicos Exigidos no Checklist Digital
Diária (Pré-Corrida)	• Verificação de níveis e prazos de validade dos consumíveis (Polímero POP-4™, buffer anódico ABC e buffer catódico CBC). • Inspeção visual do menisco dos buffers em relação à linha de preenchimento (fill line). • Varredura minuciosa do bloco de bombagem (pump block) e canais hidráulicos para a identificação de microbolhas (acionando o Remove Bubble Wizard se detectadas). • Avaliação das pontas dos capilares no cabeçote de carga (loading-end header) contra danos ou esmagamentos. • Higienização de superfícies internas com lenços livres de fiapos para remoção de poeira ou buffers derramados.
Semanal	• Monitoramento do acondicionamento do arranjo de capilares (capillary array) quando removido, garantindo imersão em tampão 1X para evitar o ressecamento do polímero. • Limpeza química da agulha da válvula de controle (anode buffer container valve pin assembly). • Reinicialização física (reboot) da workstation e do sequenciador para purga da memória temporária do software de coleta de dados.
Mensal / Trimestral	• Ciclo automatizado de lavagem profunda dos canais e da bomba (Wash Pump and Channels Wizard). • Purga ativa do retentor de água (water trap) com água deionizada utilizando a seringa plástica do kit de limpeza do fabricante. • Substituição completa dos septos dos reservatórios do contêiner catódico (CBC) para evitar evaporação. • Execução de ensaios analíticos de performance (Performance Check) com padrões de instalação (Install Standard) para revalidação espacial, do laser e da câmera CCD.

- **Purificador de Água Milli-Q:** Equipamento auxiliar crítico. O formulário digital foi projetado para o monitoramento diário e semanal dos parâmetros de pureza química e biológica da água utilizada como insumo para o preparo de reagentes e diluição de amostras para PCR. O checklist exige o registro obrigatório da resistividade da água, a medição do nível do reservatório de armazenamento, o controle de saturação dos car-

tuchos de deionização/ultrafiltração e o histórico de trocas programadas de filtros de barreira.

- **CPA200 (Card Punch Assistant):** Equipamento automatizado de picotagem (*punching*) utilizado na amostragem mecânica de cartões FTA contendo amostras biológicas de referência (bancos de perfis genéticos). O checklist digital parametrizou as rotinas obrigatórias de descontaminação e esterilização química da matriz de corte (etapa crítica para mitigar riscos de contaminação cruzada entre amostras consecutivas), verificação do sensor óptico de leitura, calibração mecânica do braço robótico de perfuração, cronograma de lubrificação dos eixos de movimentação mecânica e limpeza da agulha perfuradora.

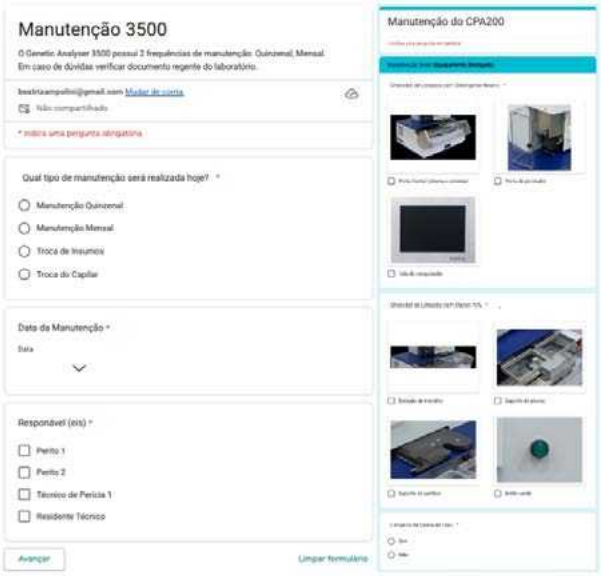


Figura 1: Demonstração das questões estruturadas nos formulários digitais

A implementação de códigos QR (QRCode) posicionados junto aos aparelhos atua como um elemento facilitador, pois simplifica o ingresso no sistema de formulários. Essa estratégia otimiza o fluxo de trabalho, conferindo maior rapidez e automação ao processo de registro dos equipamentos.

Figura 2: Demonstração de QRCode para os formulários digitais

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

A transição das fichas de preenchimento manual para o ecossistema de formulários digitais dinâmicos trouxe impactos diretos na eficiência administrativa, na confiabilidade científica e na segurança jurídica dos laudos emitidos pela Polícia Científica do Paraná. Sob a perspectiva normativa, a automação garantiu o cumprimento pleno e estrito do item 6.3 da Resolução nº 12/2019 da RIBPG, atendendo especificamente ao subitem 6.3.4, que determina a obrigatoriedade de se manter o histórico de calibração, verificação de desempenho e manutenção preventiva de forma documentada e acessível.

O primeiro grande benefício prático reside no fato de que esses novos registros são totalmente auditáveis. Ao digitalizar as rotinas de limpeza, o sistema armazena de maneira automática e inviolável os metadados do processo, associando a identidade do operador (via assinatura digital), a data e o horário UTC exato da ação. Essa arquitetura elimina a possibilidade de preenchimentos retroativos, omissões ou rasuras — ocorrências comuns no modelo tradicional de preenchimento manual—, conferindo fé pública e total transparência aos procedimentos de controle técnico que antecedem a análise do material biológico.

Essa robustez documental atende a uma necessidade estratégica de permanência da instituição pericial na rede oficial de dados. Conforme estabelecido pelas diretrizes nacionais, os laboratórios estaduais que integram a Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos participam obrigatoriamente de auditorias técnicas externas periódicas a cada 2 anos (auditorias bienais). Essas inspeções avaliam se a infraestrutura laboratorial e os sistemas de gestão da qualidade mantêm conformidade estrita com as normas vigentes para assegurar o correto compartilhamento de dados no banco de perfis genéticos.

A centralização das manutenções do sequenciador 3500, do purificador Milli-Q e do picotador CPA200 na Planilha Mestra digital simplificou e otimizou a preparação do laboratório para as auditorias bienais da RIBPG. A ferramenta possibilita a extração em tempo real de relatórios estatísticos e históricos metrológicos completos de cada instrumento. Isso comprova de imediato aos auditores externos a eficiência do controle contínuo sobre os equipamentos e demonstra que a Gerência Técnica dispõe de um mecanismo rápido para identificar desvios e retirar equipamentos de serviço caso necessário. Adicionalmente, as regras de validação impedem que o operador libere o instrumento para uso pericial sem antes validar parâmetros críticos (como a ausência de bolhas ou os níveis mínimos de polímero POP-4™), garantindo a reprodutibilidade metodológica e a salvaguarda da cadeia de custódia

documental que fundamenta a prova material forense perante a Justiça.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transição dos registros manuais de manutenção para um ecossistema de formulários automatizados na Seção de Genética Molecular Forense da Polícia Científica do Paraná cumpre um papel que transcende a mera modernização administrativa. A iniciativa consolida a aplicação prática da Gestão de Qualidade na esfera da segurança pública, alinhando a Gerência Técnica às exigências internacionais da norma ISO/IEC 17025 e às exigências regulatórias nacionais.

O desenvolvimento e a implementação desses checklists digitais e paramétricos provaram-se soluções de elevada aplicabilidade e de baixo impacto financeiro para o erário público, uma vez que utilizaram ferramentas corporativas já disponíveis na instituição. O projeto mitigou de forma contundente o risco de omissões no acompanhamento das rotinas críticas do analisador genético Applied Biosystems 3500, do purificador Milli-Q e do picotador CPA200, assegurando que a validação de parâmetros vitais ocorra de forma padronizada e imutável entre os operadores.

Como principal ganho científico e jurídico, a automação estabeleceu uma trilha de auditoria robusta e inviolável. Ao vincular metadados cronológicos e assinaturas digitais a cada procedimento de limpeza e calibração, o sistema blinda o laboratório contra questionamentos processuais, garantindo que o ambiente onde os perfis de DNA são gerados permaneça perfeitamente controlado, rastreável e auditável de ponta a ponta.

Por fim, vislumbrando o caráter escalável deste projeto, recomenda-se como passos futuros a expansão desta metodologia de automatização para os demais equipamentos analíticos do laboratório (como termoblocos e capelas de fluxo laminar), além da implementação física de códigos QR (QR Codes) fixados nas estruturas dos instrumentos. Esta integração permitirá o acesso instantâneo e in loco aos formulários por dispositivos móveis, maximizando a celeridade e a robustez documental que a atividade pericial moderna exige.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro (2017).

[2] M.C.F. Ataide; M.M. Sousa. Revisão sistemática dos indicadores de eficácia em bancos de DNA forenses. Rev. Bras. Segur. Pública 17: 166-187 (2023).

[3] L.S.A. Bezerra; A.C. Souza-Neto; C.F. Poltronieri. Indicadores de desempenho em laboratórios de genética forense no Brasil. Rev. Bras. Crimin. 14: 58-67 (2025).

[4] Brasil. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Resolução nº 12: requisitos técnicos para a realização de auditorias nos laboratórios e bancos que compõem a Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos. Brasília (2019). Retirado em 26/08/2026, de http://www.justica.gov.br/sua-seguranca/segurancapublica/ribpg

[5] Brasil. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Resolução nº 5: requisitos técnicos para a realização de auditorias nos laboratórios e bancos que compõem a Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos. Brasília (2014). Retirado em 26/08/2026, de http://www.justica.gov.br/sua-seguranca/segurancapublica/ribpg

[6] Federal Bureau of Investigation (FBI). Quality assurance standards for forensic DNA testing laboratories (2020).

[7] T.P. Gonzalez; M.R.N. Benetti. Validação em genética forense: da necessidade à prática. Rev. Bras. Crimin. 11: 65-72 (2022).

[8] Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre). DOQ-CGCRE-008: Orientação sobre validação de métodos analíticos. Revisão 09. Duque de Caxias: Inmetro (2020).

[9] N.C.L. Oliveira; N.M.O. Godinho. A Importância da Calibração e a Identificação de Equipamentos Críticos em Genética Forense. Rev. Bras. Crimin. 14: 86-100 (2025).

[10] T. Rover; et al. Profille mapping DNA laboratories overlooking the forensic field and use of quality systems. Forensic Sci. Int. Genet. Suppl. Ser. 5: e409–e411 (2015).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Liderança tóxica e saúde mental no serviço público de segurança: evidências da literatura científica e reflexões para as instituições de segurança pública

M. C. Begnossi[a*]

[a]*Unidade de Execução Técnico-Científica de Maringá, Polícia Científica do Paraná, Paraná (PR) Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: maria.begnossi@policiaccientifica.pr.gov.br Tel.: +55-44-99923-5615.*

Palavras-chave: Assédio moral; liderança; gestão de pessoas; saúde mental; segurança pública.

1. INTRODUÇÃO

A saúde mental dos profissionais da segurança pública tem recebido crescente atenção da comunidade científica e dos gestores públicos em razão dos impactos do adoecimento psíquico sobre a qualidade de vida dos servidores, a capacidade laboral e a eficiência institucional [1-3]. Policiais, peritos oficiais, policiais penais e demais profissionais da área estão expostos cotidianamente a situações potencialmente traumáticas, elevada responsabilidade funcional, tomada de decisões sob pressão e contato frequente com o sofrimento humano [1,2].

Tradicionalmente, os estudos sobre saúde mental na segurança pública concentraram-se nos efeitos decorrentes da exposição a eventos críticos e situações de violência. Entretanto, pesquisas mais recentes têm demonstrado que fatores organizacionais e psicossociais exercem influência igualmente relevante sobre o bem-estar psicológico dos trabalhadores [3,4].

Nesse contexto, aspectos relacionados à qualidade das relações interpessoais, à percepção de justiça organizacional, ao reconhecimento profissional e às práticas de gestão passaram a ocupar posição central nas discussões sobre saúde ocupacional. Entre esses fatores, destaca-se o papel exercido pelas lideranças, cuja atuação pode funcionar tanto como elemento protetivo quanto como fator de risco para o adoecimento mental dos servidores [4,6].

A literatura internacional descreve que estilos de liderança caracterizados por autoritarismo excessivo, abuso de poder, favorecimento pessoal, humilhações, comunicação hostil e ausência de suporte organizacional podem produzir efeitos significativos sobre a saúde física e mental dos trabalhadores, fenômeno amplamente discutido sob o conceito de liderança tóxica ou destrutiva [5,6].

O presente trabalho tem por objetivo analisar as evidências científicas acerca da relação entre liderança tóxica e saúde mental no serviço público de segurança, discutindo possíveis implicações para as instituições de segurança pública.

2. METODOLOGIA

Trata-se de revisão narrativa da literatura científica, realizada por meio de consulta às bases de dados Scopus, Web of Science, PubMed e SciELO, utilizando descritores relacionados à saúde mental ocupacional, liderança tóxica, liderança destrutiva, assédio moral, riscos psicossociais e segurança pública. Foram priorizados artigos científicos, livros de referência e documentos institucionais publicados em periódicos indexados e organismos internacionais.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 Saúde mental e fatores psicossociais na segurança pública

As atividades relacionadas à segurança pública figuram entre as ocupações mais vulneráveis ao desenvolvimento de transtornos mentais relacionados ao trabalho [1,2]. Estudos nacionais e internacionais

apontam prevalência elevada de sintomas de ansiedade, depressão, exaustão emocional, distúrbios do sono, abuso de substâncias e ideação suicida entre profissionais da área [1,2].

Embora os riscos operacionais sejam frequentemente apontados como os principais fatores desencadeadores de sofrimento psíquico, evidências recentes sugerem que os fatores psicossociais presentes no ambiente organizacional exercem influência igualmente importante sobre a saúde mental dos trabalhadores [3,4].

O modelo *Job Demands-Resources* (JD-R), amplamente utilizado na literatura contemporânea, propõe que o adoecimento ocupacional resulta do desequilíbrio entre demandas laborais elevadas e recursos organizacionais insuficientes [3]. Sob essa perspectiva, fatores como excesso de trabalho, conflitos interpessoais, baixa autonomia, ausência de reconhecimento profissional, percepção de injustiça organizacional e deficiência no suporte das lideranças constituem importantes fatores de risco para o desenvolvimento de sofrimento psíquico [3,4].

Diversos estudos realizados com profissionais de segurança pública indicam que problemas internos da organização frequentemente são percebidos como tão ou mais desgastantes que os próprios riscos inerentes à atividade operacional [1,2]. Dessa forma, a construção de ambientes organizacionais saudáveis constitui estratégia fundamental para a preservação da saúde mental e da qualidade dos serviços prestados à sociedade.

3.2 Liderança tóxica e seus impactos organizacionais

O conceito de liderança tóxica refere-se à manifestação persistente de comportamentos destrutivos por parte de indivíduos em posição de autoridade, produzindo prejuízos simultâneos aos trabalhadores e à organização [5,6].

Diferentemente de falhas ocasionais de gestão, a liderança tóxica caracteriza-se pela repetição sistemática de práticas que promovem medo, insegurança psicológica, desconfiança e deterioração das relações de trabalho [5].

Entre os comportamentos mais frequentemente descritos na literatura destacam-se:

- autoritarismo excessivo;
- favorecimento pessoal e parcialidade;
- perseguições profissionais;
- comunicação agressiva ou humilhante;
- desvalorização dos subordinados;
- manipulação de informações;
- ausência de transparência nos processos decisórios;
- utilização do cargo para intimidação ou controle.

Em instituições altamente hierarquizadas, como as organizações de segurança pública, a assimetria de poder entre líderes e subordinados pode dificultar denúncias e favorecer a manutenção dessas práticas ao longo do tempo [5,6].

Além dos impactos individuais, a liderança tóxica compromete a confiança institucional, reduz o comprometimento organizacional, aumenta a rotatividade funcional e prejudica a cooperação entre equipes, afetando diretamente o desempenho organizacional [4-6].

3.2.1. Liderança tóxica, assédio moral e adoecimento psíquico

A literatura científica evidencia forte associação entre liderança tóxica e assédio moral organizacional [5,8]. O assédio pode manifestar-se por meio de críticas constantes, constrangimentos públicos, isolamento profissional, exclusão de processos decisórios, sobrecarga deliberada de trabalho ou retirada injustificada de atribuições.

As consequências dessas práticas para a saúde mental encontram-se amplamente documentadas na literatura. Trabalhadores expostos a ambientes organizacionais abusivos apresentam maior prevalência de ansiedade, depressão, Burnout, sintomas psicossomáticos e afastamentos por motivos de saúde [5,7,8].

Um trabalho realizado com peritos criminais de um estado do nordeste brasileiro, apontou que 25,5% dos peritos avaliados apresentavam a síndrome de Burnout, com maior frequência entre os homens. Quanto ao estresse, a prevalência foi de 34,5%, sendo que a totalidade desses casos se encontrava em fases avançadas de resistência ou quase-exaustão, indicando um desgaste significativo dos recursos adaptativos do organismo. Diferente do Burnout, o estresse foi mais predominante entre as mulheres, atingindo 68,42% das participantes que apresentaram a sintomatologia [9].

Segundo a Organização Mundial da Saúde, ambientes de trabalho psicologicamente inseguros representam fator relevante para o desenvolvimento de transtornos mentais relacionados ao trabalho [10]. A OMS destaca ainda que a promoção da saúde mental exige intervenções não apenas individuais, mas também organizacionais, envolvendo mudanças na cultura institucional e qualificação das lideranças [10].

Enquanto eventos traumáticos operacionais tendem a ocorrer de forma episódica, os problemas organizacionais frequentemente atuam de maneira con-

tínua e cumulativa, favorecendo processos crônicos de desgaste emocional [3,7]. Tal característica contribui para que os efeitos da liderança tóxica sejam potencialmente duradouros e de difícil enfrentamento.

3.2.2. A invisibilidade do sofrimento psíquico entre peritos oficiais criminais

Embora exista crescente produção científica sobre saúde mental de policiais militares e policiais civis, observa-se relativa escassez de estudos direcionados especificamente aos peritos oficiais criminais [1-4]. Essa lacuna limita a compreensão dos fatores psicossociais que afetam essa categoria profissional.

Os peritos oficiais atuam em contextos frequentemente marcados pela exposição a mortes violentas, feminicídios, suicídios, violência sexual, acidentes fatais e outras situações potencialmente traumáticas. Além disso, a atividade pericial exige elevado nível de responsabilidade técnica, produção de provas científicas e tomada de decisões especializadas com relevantes repercussões jurídicas.

Paralelamente aos riscos inerentes à atividade-fim, os peritos também estão sujeitos aos mesmos fatores organizacionais observados em outras carreiras da segurança pública, incluindo conflitos interpessoais, limitações estruturais, escassez de efetivo, pressão por produtividade e problemas relacionados à gestão de pessoas [3,4].

Nesse contexto, lideranças inadequadas podem atuar como fatores amplificadores do sofrimento ocupacional, potencializando os efeitos dos eventos traumáticos já presentes na rotina profissional. A ausência de reconhecimento institucional, a distribuição desigual de demandas e a percepção de injustiça organizacional figuram entre os fatores frequentemente associados à redução do bem-estar psicológico dos trabalhadores [3,4].

Além disso, características culturais historicamente associadas às atividades periciais, como a valorização da objetividade técnica e do autocontrole emocional, podem dificultar a manifestação do sofrimento psíquico e retardar a busca por apoio especializado.

3.2.3. Reflexões para as instituições de segurança pública

As evidências apresentadas sugerem que políticas de modernização institucional devem contemplar não apenas investimentos em infraestrutura e tecnologia, mas também estratégias voltadas à promoção da saúde mental e ao fortalecimento da gestão de pessoas [4,10].

A formação de gestores constitui elemento central nesse processo. Programas de capacitação voltados ao desenvolvimento de competências socioemocionais, comunicação interpessoal, resolução de conflitos, liderança ética e prevenção do assédio moral podem contribuir para a construção de ambientes organizacionais mais saudáveis [4,10,11].

Da mesma forma, a implementação de mecanismos permanentes de avaliação do clima organizacional, escuta qualificada dos servidores e monitoramento dos riscos psicossociais pode favorecer a identificação precoce de situações potencialmente prejudiciais à saúde mental.

O fortalecimento dessas iniciativas tende a beneficiar simultaneamente os trabalhadores, a qualidade dos serviços prestados e a legitimidade das instituições perante a sociedade.

3.2.4 Demandas organizacionais, metas institucionais e sofrimento psíquico na atividade pericial

Além da exposição rotineira a eventos potencialmente traumáticos, os peritos oficiais criminais encontram-se submetidos a um conjunto de demandas organizacionais que podem representar importantes fontes de desgaste psicológico. A literatura sobre saúde ocupacional demonstra que o adoecimento mental não decorre exclusivamente da natureza da atividade exercida, mas também da forma como o trabalho é organizado e gerenciado [3,4].

O modelo *Job Demands-Resources* (JD-R) descreve que o risco de esgotamento profissional aumenta quando as exigências institucionais superam os recursos efetivamente disponibilizados aos trabalhadores para a execução de suas atribuições [3]. Nesse contexto, cobranças excessivas por produtividade, aumento contínuo de demandas, déficit de pessoal, limitações estruturais e insuficiência de suporte organizacional constituem fatores reconhecidamente associados ao desenvolvimento de estresse ocupacional e Burnout [3,7].

No âmbito da atividade pericial, tais questões assumem características particulares. Os exames realizados frequentemente exigem elevado grau de complexidade técnica, observância rigorosa dos protocolos científicos, responsabilidade jurídica significativa e produção de resultados capazes de impactar diretamente investigações criminais e decisões judiciais. Diferentemente de atividades predominantemente quantitativas, a qualidade do trabalho pericial está intrinsecamente relacionada ao tempo necessário para análise técnica adequada, interpretação dos vestígios e elaboração fundamentada dos laudos.

Sob essa perspectiva, a adoção de metas exclusivamente quantitativas, desvinculadas da complexidade dos exames ou da disponibilidade de recursos humanos e materiais, pode gerar conflitos entre produtividade e qualidade técnica. A literatura sobre riscos psicossociais aponta que a percepção de exigências inatingíveis ou destituídas de critérios transparentes constitui importante fator gerador de sofrimento ocupacional, especialmente quando os trabalhadores percebem reduzida autonomia para influenciar as condições de execução do trabalho [3,4].

Estudos sobre justiça organizacional demonstram que a percepção de critérios arbitrários para distribuição de demandas, avaliação de desempenho ou reconhecimento profissional está associada ao aumento de sintomas de ansiedade, exaustão emocional e redução do comprometimento organizacional [4,9]. Em ambientes altamente hierarquizados, tais efeitos podem ser amplificados pela limitada participação dos trabalhadores nos processos decisórios e pela dificuldade de questionamento das decisões administrativas.

Outro aspecto frequentemente discutido na literatura refere-se ao fenômeno da sobrecarga moral do trabalho. Esse conceito descreve situações em que o profissional reconhece a impossibilidade de realizar suas atividades segundo os padrões técnicos e éticos considerados adequados em razão de limitações impostas pela organização. Nesses casos, o sofrimento não decorre apenas do excesso de trabalho, mas da percepção de que a qualidade da atividade desempenhada está sendo comprometida por fatores externos ao controle do trabalhador.

Para os peritos oficiais criminais, essa condição pode assumir relevância particular, considerando que a atividade pericial possui compromisso direto com a produção da prova técnica e com a busca da verdade material. A percepção de impossibilidade de realização adequada das atividades em razão de pressões institucionais, escassez de recursos ou exigências incompatíveis com a realidade operacional pode favorecer sentimentos de frustração, impotência e desgaste emocional prolongado.

Dessa forma, a prevenção do adoecimento mental na atividade pericial exige não apenas intervenções voltadas ao enfrentamento dos eventos traumáticos inerentes à função, mas também a adoção de práticas de gestão capazes de equilibrar demandas institucionais, recursos disponíveis e expectativas de desempenho. A construção de indicadores realistas, transparentes e tecnicamente fundamentados representa medida relevante para a promoção da saúde organizacional e para a preservação da qualidade dos serviços periciais prestados à sociedade.

Os estudos analisados sugerem que fatores relacionados à liderança destrutiva, à injustiça organizacional e à sobrecarga ocupacional atuam de forma integrada na produção do sofrimento psíquico dos trabalhadores. A Figura 1 apresenta uma síntese conceitual dos principais mecanismos identificados na literatura.



Figura 1. Modelo conceitual da relação entre liderança tóxica, fatores organizacionais e sofrimento psíquico em instituições de segurança pública.

3.2.5 Abuso de autoridade organizacional, liderança destrutiva e clima institucional

A literatura científica sobre liderança destrutiva demonstra que os prejuízos decorrentes de uma gestão inadequada ultrapassam os limites das relações interpessoais individuais, alcançando o funcionamento global das organizações [5,6]. Entre os comportamentos mais frequentemente associados a esse fenômeno encontram-se o uso abusivo da autoridade formal, a centralização excessiva das decisões, a utilização de mecanismos de intimidação, a perseguição profissional, a retaliação informal a críticas e a adoção de critérios subjetivos para distribuição de oportunidades e responsabilidades.

Embora nem toda conduta inadequada configure abuso de autoridade em sentido jurídico, diversos autores apontam que o exercício arbitrário do poder hierárquico produz efeitos organizacionais semelhantes aos observados em situações de assédio moral institucional [5,8]. Nesses contextos, os trabalhadores passam a desenvolver estratégias de autoproteção voltadas à redução de conflitos com a chefia, frequentemente em detrimento da criatividade, da cooperação entre equipes e da comunicação transparente.

A literatura também descreve o fenômeno conhecido como silêncio organizacional, caracterizado pela redução da disposição dos trabalhadores em relatar problemas, propor melhorias ou comunicar situações de risco por receio de represálias ou consequências negativas para sua trajetória profissional. Em organizações públicas de segurança, esse fenômeno merece especial atenção em razão das estruturas hierárquicas rígidas e da elevada dependência funcional existente entre subordinados e gestores.

Estudos sobre clima organizacional indicam que ambientes marcados por favoritismos, ausência de critérios transparentes de gestão, baixa previsibilidade das decisões administrativas e percepção de injustiça institucional apresentam maiores índices de sofrimento psíquico, absenteísmo e intenção de desligamento organizacional [4,5]. Além dos impactos sobre os trabalhadores, tais condições podem comprometer a eficiência institucional, a circulação do conhecimento técnico e a qualidade dos serviços prestados.

No contexto das organizações periciais, cuja atividade depende intensamente da autonomia técnica, da cooperação interdisciplinar e da confiança profissional, a qualidade das lideranças assume importância estratégica. A promoção de ambientes organizacionais pautados pela transparência, equidade, participação e respeito aos princípios da administração pública constitui não apenas medida de proteção à saúde dos servidores, mas também elemento fundamental para a manutenção da credibilidade institucional e da excelência técnico-científica da atividade pericial.

4. CONCLUSÕES

A revisão bibliográfica realizada demonstra que a saúde mental dos profissionais da segurança pública é influenciada não apenas pelos riscos inerentes à atividade operacional, mas também por fatores organizacionais relacionados à gestão e às relações de trabalho [1-4].

A liderança tóxica apresenta associação consistente com o aumento de sintomas de ansiedade, depressão, Burnout, estresse ocupacional e insatisfação profissional, configurando importante fator de risco psicossocial no ambiente laboral [5-8].

No contexto das instituições de segurança pública, os impactos dessas práticas podem ser potencializados pelas estruturas hierárquicas e pela elevada dependência funcional das decisões gerenciais.

Ressalta-se que a escassez de estudos especificamente direcionados aos peritos oficiais criminais evidencia a necessidade de novas pesquisas empíricas voltadas à compreensão dos fatores psicossociais que afetam essa categoria profissional.

Conclui-se que a promoção de lideranças saudáveis, associada à implementação de políticas permanentes de gestão de pessoas e promoção da saúde mental, representa estratégia essencial para a proteção dos servidores e para o fortalecimento institucional das organizações de segurança pública.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao XXVII Congresso Nacional de Criminalística pela oportunidade de participação e apresentação do trabalho exposto, bem como aos colegas peritos criminais, policiais militares, policiais civis e demais servidores da força de segurança pública de diferentes Estados da Federação, que relataram à mim, mesmo que informalmente, a importância e relevância do tema relacionado à gestão e saúde mental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] P.L.M. Oliveira; M.P. Bardagi. Estresse e comprometimento com a carreira em policiais militares. Bol. Psicol. 59: 153-166 (2009).

[2] R.C. Sousa et al. Fatores associados ao adoecimento emocional de policiais militares. Psico-USF 28: 298-312 (2023).

[3] A.B. Bakker; E. Demerouti. Job Demands-Resources Theory: Taking Stock and Looking Forward. J. Occup. Health Psychol. 22: 273-285 (2017).

[4] L.G. Tummers; A.B. Bakker. Leadership and Job Demands-Resources Theory: A Systematic Review. Front. Psychol. 12: 722080 (2021).

[5] M. Einarsen; H. Hoel; D. Zapf; C. Cooper. Bullying and Harassment in the Workplace: Theory, Research and Practice. CRC Press, United Kingdom (2020).

[6] J. Lipman-Blumen. Toxic Leadership: When Grand Illusions Masquerade as Noble Visions. Leader to Leader 36: 29-36 (2005).

[7] C. Maslach; M.P. Leiter. The Truth About Burnout: How Organizations Cause Personal Stress and What to Do About It. Jossey-Bass, United States of America (2016).

[8] S. Einarsen; H. Hoel; D. Zapf; C.L. Cooper (Eds.). Workplace Bullying: Development in Theory, Research, and Practice. CRC Press, United Kingdom (2020).

[9] S.A. Silva; P.M. Souza; F.M. Costa. Sintomas de estresse e Burnout entre peritos criminais. Rev Saúde & Ciên online. 10: 11-25 (2021). Retirado em 02/06/2026, em https://rsc.revistas.ufcg.edu.br/index.php/rsc/article/view/536.

[10] Organização Mundial da Saúde. Mental Health at Work. Retirado em 02/06/2026, de https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-at-work

[11] M. Zanchetta; S. Fellner; E. Traut-Mattausch. Leadership and Employee Mental Health: a Job Demands–Resources Perspective on Health-Promoting and Health-Impairing Leadership. Gruppe. Interaktion. Organisation. (2026).

M. F. Pereira Junior, P. P. Oliveira, T. V. da Silva, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

A Importância da Perícia Criminal Militar nos Corpos de Bombeiros Militares

M. F. Pereira Junior[a,*], P. P. Oliveira[a], T. V. da Silva[a]

[a]*Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ), Rio de Janeiro (RJ), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: moacyrfiarespj@gmail.com. Tel.: +55-21-99799-6958.*

Palavras-chave: Perícia criminal militar; Corpo de Bombeiros; criminalística; hierarquia; disciplina.

1. INTRODUÇÃO

A perícia criminal militar constitui uma atividade técnico-científica fundamental para a elucidação de infrações penais militares e para a materialização da prova na esfera da Justiça Militar. Embora seu desenvolvimento histórico e doutrinário esteja intimamente ligado às Forças Armadas e às Polícias Militares, sua aplicação reveste-se de igual importância nos Corpos de Bombeiros Militares. Essa relevância fundamenta-se na necessidade urgente de qualificar as apurações de fatos que repercutem diretamente na regularidade administrativa, na responsabilização funcional de seus integrantes e na defesa dos pilares constitucionais da hierarquia e da disciplina.

Historicamente associados ao combate a incêndios e salvamentos, os Corpos de Bombeiros Militares possuem ramificações periciais sólidas. No Estado do Rio de Janeiro, por exemplo, a atribuição legal da corporação para a realização de perícias de incêndio foi consolidada pelo Decreto nº 8.800, de 25 de julho de 1985. Contemporaneamente, essa competência foi ratificada em âmbito federal por meio do art. 2º, § 2º, da Lei nº 14.751/2023 (Lei Orgânica Nacional das Polícias Militares e dos Corpos de Bombeiros Militares), que atribui explicitamente a essas instituições estaduais a competência para realizar perícias administrativas de incêndio e explosão, cumulada com as atribuições de polícia judiciária militar.

O arcabouço normativo que rege a atuação técnica e pericial no Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ) é robusto. Os trabalhos executados pela corporação encontram amparo diretamente nos preceitos da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (CRFB/88), na Constituição do Estado do Rio de Janeiro, no Código de Processo Penal (CPP), no Código de Processo Penal Militar (CPPM), na Lei Estadual n.º 250/1979 (Estatuto dos Bombeiros-Militares do RJ), na Lei Estadual n.º 622/1982, na Resolução SEDEC n.º 188/1999 e na Instrução Regulamentar (RI) n.º 55/1996 do Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro (TJERJ).

A doutrina especializada aponta que o perito criminal militar, diferenciando-se substancialmente do perito *ad hoc*, é um profissional tecnicamente habilitado e dotado de competência legal para analisar vestígios, interpretar cientificamente os fatos e emitir laudos capazes de subsidiar os inquéritos policiais militares e a instrução processual penal. Contudo, no ambiente bombeiro-militar, a criminalística expande-se para além dos exames de locais de sinistro. A atividade engloba exames documentoscópicos, papiloscópicos, balística forense, análise de substâncias entorpecentes e coleta de material biológico. Tais especialidades são cruciais no esclarecimento de ilícitos funcionais, como desvio de armamentos institucionais, fraudes em documentos administrativos ou porte de substâncias proibidas em locais sob administração militar.

Nesse cenário de vanguarda, o CBMERJ destaca-se pela modernização de sua estrutura organizacional com a edição do Decreto Estadual n.º 45.189, de 17 de março de 2015. Este ato instituiu a Diretoria de Pesquisa, Perícias e Testes (DPPT), órgão subordinado à Diretoria Geral de Serviços Técnicos do Subcomando Geral da corporação, estruturado por três braços especializados: o Centro de Pesquisas Bombeiro Militar (CPqBM), o Centro de Perícias Bombeiro Militar (CPBM) e o Centro de Testes e Controle de Emer-

gência (CTCEm). Essa estrutura inovadora permite a capacitação contínua de militares em ciências forenses de forma integrada com outras forças periciais.

O objetivo deste artigo é analisar o papel estratégico da perícia criminal militar nos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil, examinando a ampliação dos campos da criminalística forense sob a ótica da gestão, integridade institucional e inovação, tomando como referência a experiência normativa e estrutural do CBMERJ.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica e documental, de caráter qualitativo e descritivo, fundamentada na revisão de literaturas especializadas e na análise de legislações aplicadas à atividade pericial militar. O referencial teórico baseia-se nos estudos de Marques, a respeito dos aspectos formais e procedimentais da perícia militar no processo penal castrense, e de Pereira e Brito, que discutem o fortalecimento da criminalística como uma ferramenta organizacional.

A pesquisa documental compreendeu a análise detalhada da Lei Federal nº 14.751/2023, do Decreto Estadual do Rio de Janeiro nº 8.800/1985, do Decreto Estadual nº 45.189/2015 e dos diplomas normativos que regulam a atividade correcional e pericial da corporação fluminense (CRFB/88, CPPM, Lei Estadual nº 250/1979, Resolução SEDEC nº 188/1999 e RI nº 55/1996 do TJERJ). Adicionalmente, integraram o escopo metodológico os registros institucionais do CBMERJ acerca da formação especializada e intercâmbio de conhecimentos nas áreas de documentoscopia, balística forense, medicina legal e química forense.

Os dados foram interpretados e divididos em três eixos analíticos:

1. A função da perícia criminal militar como garantia de justiça técnica e preservação disciplinar;
2. A diversificação das áreas da criminalística aplicadas aos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil;
3. Gestão e inovação por meio de estruturas organizacionais especializadas em perícia.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Perícia criminal militar e a preservação da hierarquia e da disciplina

A estrutura basilar das instituições militares assenta-se na hierarquia e na disciplina. De acordo com Marques, a prova técnica produzida pela perícia criminal militar cumpre uma função essencial na proteção dessas vigas mestras, visto que infrações penais ou disciplinares que deixam vestígios exigem constatação científica indene de dúvidas, afastando convicções subjetivas ou relatos puramente testemunhais.

No âmbito dos Corpos de Bombeiros Militar, a confiança da tropa nos atos de comando é reforçada quando desvios de conduta são apurados por meio de metodologias periciais rigorosas e imparciais. A aplicação da criminalística minimiza o risco de arbitrariedades nos processos administrativos correcionais e nos inquéritos policiais militares. Quando uma sanção ou absolvição se escora em laudos periciais sólidos, o resultado ganha legitimidade legal e moral perante o público interno e externo.

O suporte normativo capitaneado pelos preceitos da CRFB/88, do CPPM, da Lei Estadual nº 250/79 e da regulação do TJERJ assegura que a atividade pericial seja norteada pelo princípio da legalidade e do devido processo legal. Ademais, a consolidação dessas competências possui um relevante caráter dissuasório e preventivo. Sabendo que a corporação detém meios técnicos avançados para rastrear fraudes, adulterações ou uso indevido de armamento, desestimulam-se práticas que atentem contra a ética institucional e os deveres previstos em estatuto.

3.2. A importância das outras áreas da criminalística no ambiente bombeiro-militar

Embora o imaginário social e parte da legislação pretérita, a exemplo do Decreto nº 8.800/1985, enfatizem a atuação do Corpo de Bombeiros precipuamente nas perícias de incêndio e explosões, a dinâmica das organizações militares modernas impõe o domínio de outros saberes da criminalística. Essa ampliação encontra respaldo no art. 2º, § 2º da Lei nº 14.751/2023, que legitima a atuação bombeiro-militar no campo da polícia judiciária militar e em suas respectivas perícias administrativas integradas.

A experiência acadêmica e operacional do CBMERJ materializa essa abrangência. Os Cursos de Formação de Auxiliares de Perícia Criminal Militar desenvolvidos pela corporação tratam de disciplinas como documentoscopia forense, papiloscopia, medicina legal e coleta de perfis genéticos (DNA). Na rotina institucional, a documentoscopia mostra-se fundamental para averiguar fraudes em certidões, assinaturas eletrônicas ou documentos de vistorias técnicas realizados por órgãos de fiscalização da corporação.

Outro campo de suma relevância é a balística forense. Por meio de cooperações técnicas e instruções

conjuntas com as Forças Armadas, oficiais e praças especializam-se em análises de eficiência de tiro e mecânica de armamentos. Tais perícias são determinantes em incidentes envolvendo disparos acidentais ou intencionais com armas da carga institucional, definindo com exatidão a dinâmica dos fatos. Da mesma forma, a química forense aplicada a entorpecentes supre demandas internas de sindicâncias em casos envolvendo substâncias ilícitas dentro de instalações bombeiro-militares. Desse modo, a criminalística afirma-se como um instrumental polivalente a serviço da correição e da justiça militar.

3.3. Gestão, inovação e fortalecimento institucional

Analisada sob a ótica da governança contemporânea, a perícia criminal militar figura como um modelo de inovação na gestão pública. Pereira e Brito sustentam que a autonomia técnica e a estruturação de agências periciais próprias no seio das corporações militares reduzem a dependência crônica de órgãos gerais de perícia civil, conferindo celeridade aos inquéritos e mantendo os procedimentos sob o rigor dos regulamentos disciplinares inerentes à vida castrense.

O marco de inovação organizacional no CBMERJ deu-se com a vigência do Decreto Estadual nº 45.189/2015, que erigiu a Diretoria de Pesquisa, Perícias e Testes (DPPT). A divisão da diretoria em centros temáticos cumpre um papel estratégico bem delineado:

- O **CPqBM** foca na gestão do conhecimento e no avanço científico de novas técnicas operacionais;
- O **CPBM** absorve as demandas técnicas das perícias criminais militares e administrativas em apoio aos encarregados de IPMs e conselhos de disciplina;
- O **CTCEm** atua no controle normativo e de qualidade de equipamentos e ensaios tecnológicos voltados a emergências.

Essa engenharia institucional converte dados periciais brutos em inteligência corporativa, realimentando programas de treinamento e otimizando processos de tomada de decisão do Subcomando Geral. Ao preservar rigorosamente a cadeia de custódia e modernizar os quesitos periciais, os Corpos de Bombeiros Militares otimizam sua capacidade correicional, alinhando eficiência técnico-científica administrativa às garantias fundamentais consagradas na CRFB/88.

4. CONCLUSÕES

A realização deste estudo permitiu constatar que a perícia criminal militar assume contornos estratégicos essenciais no âmbito dos Corpos de Bombeiros Militares, extrapolando as fronteiras das ciências criminais para consolidar-se como ferramenta indispensável de governança corporativa e integridade.

Evidenciou-se que a criminalística militar não restringe seu campo à tradicional determinação de causas de incêndios. Ela estende seus tentáculos sobre a documentoscopia, balística forense, análises químicas, exames papiloscópicos e exames periciais no âmbito da Polícia Judiciária Militar. A união destas ciências forenses confere sustentação técnica inabalável às apurações administrativas e criminais, resguardando os princípios norteadores da hierarquia e da disciplina e conferindo legitimidade plena às deliberações de comando.

O arcabouço normativo que engloba as diretrizes federais da Lei nº 14.751/2023, bem como as legislações estaduais e orientações do Poder Judiciário, confere a necessária segurança jurídica para a solidificação dessas práticas periciais. Nesse panorama, o pioneirismo do CBMERJ serve como referencial indutor de inovação para as demais unidades federativas, demonstrando que a criação de estruturas finalísticas, a exemplo da Diretoria de Pesquisa, Perícias e Testes (DPPT) e seus respectivos centros periciais, potencializa a capacidade de resposta técnica da corporação.

Por fim, recomenda-se que os Corpos de Bombeiros Militares do país busquem a progressiva normatização interna de suas atividades de criminalística forense, investindo em convênios interinstitucionais, infraestrutura laboratorial e na qualificação continuada de seus peritos oficiais, assegurando, dessa forma, a perenidade dos preceitos constitucionais reguladores das instituições militares estaduais.

AGRADECIMENTOS

Os autores manifestam seu agradecimento aos pesquisadores, profissionais de perícia e instituições que se dedicam de forma perene ao desenvolvimento da perícia criminal militar e ao aperfeiçoamento das ciências forenses aplicadas às corporações militares estaduais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] G.V. Marques. Perícia criminal militar: uma análise para peritos e usuários da perícia castrense. *Revista do Ministério Público Militar* 28: 237-259 (2018).

[2] F. Pereira; A.L.S. Brito. Perícia criminal militar: aspectos gerais para o fortalecimento da atividade na Polícia Militar de Minas Gerais. *Vigilantis Semper* 3: 23-31 (2023).

[3] Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro. Corpo de Bombeiros forma novos auxiliares de perícia. Retirado em 02/06/2026, de https://www.cbmerj.rj.gov.br/corpo-de-bombeiros-forma-novos-auxiliares-de-pericia/

[4] Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro. CBMERJ participa de instrução de tiro balístico no Exército Brasileiro. Retirado em 02/06/2026, de https://www.cbmerj.rj.gov.br/cbmerj-participa-de-instrucao-de-tiro-balistico-no-exercito-brasileiro/

[5] Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro. Diretoria de Pesquisas, Perícias e Testes do Corpo de Bombeiros RJ recebe visita de militares da Marinha do Brasil. Retirado em 02/06/2026, de https://www.cbmerj.rj.gov.br/diretoria-de-pesquisas-pericias-e-testes-do-corpo-de-bombeiros-rj-recebe-visita-de-militares-da-marinha-do-brasil/

[6] Rio de Janeiro. Decreto n.º 8.800, de 25 de julho de 1985. Dispõe sobre a atribuição legal do CBMERJ para a realização de perícias de incêndio e dá outras providências.

[7] Brasil. Lei n.º 14.751, de 12 de dezembro de 2023. Institui a Lei Orgânica Nacional das Polícias Militares e dos Corpos de Bombeiros Militares dos Estados, do Distrito Federal e dos Territórios.

[8] Rio de Janeiro. Normas aplicadas aos trabalhos de perícia do CBMERJ (CRFB/88; Constituição do Estado do Rio de Janeiro; Código de Processo Penal; Código de Processo Penal Militar; Lei Estadual n.º 250/79; Lei Estadual nº 622/82; Resolução SEDEC n.º 188/1999; Instrução Regulamentar n.º 55/96 do TJE-RJ).

[9] Rio de Janeiro. Decreto n.º 45.189, de 17 de março de 2015. Cria a Diretoria de Pesquisa, Perícias e Testes (DPPT), na estrutura organizacional do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro e define seus centros (CPqBM, CPBM, CTCEm).

W. C. Ferrão, A. L. Martinelli, S. e Silva, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Potencialidades e limitações no uso do scanner 3-D em tiros de armas de fogo em veículos

W. C. Ferrão[a,*], A. L. Martinelli, S. e Silva[a,**]

[a]*Departamento de Criminalística, Instituto Geral de Perícias, Porto Alegre (RS), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: *wallace-ferrao@igp.rs.gov.br, **martinelli@igp.rs.gov.br. Tel.: +55-51-3288-5150*

Palavras-chave: scanner 3-D, veículos, medições, acurácia.

1. INTRODUÇÃO

No âmbito das ciências forenses, a documentação precisa, fiel e reprodutível da cena de crime constitui etapa essencial para a preservação da prova material, para a análise posterior dos vestígios e para a adequada comunicação técnica dos achados periciais. A qualidade desse registro é determinante para assegurar a integridade das informações coletadas, possibilitar revisões futuras e subsidiar conclusões periciais com maior robustez técnica e probatória.

Nesse contexto, os *scanners* a laser terrestre (TLS) vêm assumindo papel cada vez mais relevante, por permitirem a captura da geometria tridimensional do ambiente com elevado nível de detalhamento e precisão. O escaneamento a laser (LS) consolidou-se como uma técnica tradicional de mapeamento 3D, amplamente empregada na documentação de cenários complexos, como desastres naturais, investigações de acidentes e cenas de crime, além de viabilizar a criação de ambientes imersivos destinados ao estudo, à análise e à reconstrução pericial dos fatos.

A tecnologia predominante nesses equipamentos é denominada como *Light Detection and Ranging* (LiDAR). Em termos simplificados, trata-se de um método de sensoriamento remoto no qual uma onda eletromagnética, na forma de luz laser, é emitida em direção a um objeto ou superfície (Figura 1), sendo a distância calculada a partir da diferença de fase entre a onda emitida e a refletida, ou do tempo de percurso do sinal até o alvo e de volta ao sensor [6].

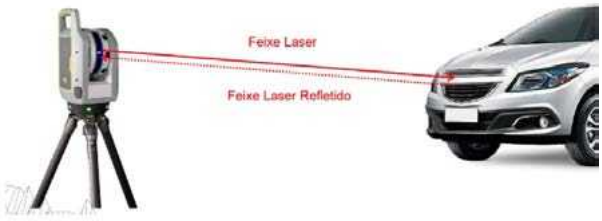


Figura 1. Esquema de funcionamento de LiDAR [6].

O LiDAR é comumente utilizado em aplicações como topografia, arqueologia e geologia. No campo das ciências forenses [3], a captura com TLS possibilita:

- Obtenção de medições para análises de trajetória, de padrões de manchas de sangue, de altura, de posicionamento e dimensões veiculares;
- Gerar imagem interativa / imersiva 3D a fim de compreender o ponto de vista ou a perspectiva de uma testemunha e recolocar um participante envolvido na cena;
- Exibir vistas complexas, tais como plantas baixa e plantas de forro;
- Capturar uma representação espacialmente sob quaisquer condições de iluminação, inclusive na ausência desta.

Nesse cenário, estudos nacionais, como o de Cunha *et al.* (2022), comparam medidas obtidas por *scanners* e *drones* com aquelas fornecidas por estação total em ambiente de estacionamento, demonstrando a validade dessas tecnologias em comparação com métodos tradicionais de topografia. Outros trabalhos também evidenciam a utilidade do escaneamento a laser na documentação e reconstrução de acidentes de

grande porte, inclusive em contextos de engenharia [1] e de desastres ambientais.

Não obstante a isso, o guia norte-americano de *scanners* terrestres [3] estabelece valores de acurácia (proximidade entre valor obtido e real) e resolução (menor medida possível) para distintas medições em locais de crime. Assim, se verifica relativa escassez de estudos voltados especificamente à verificação da validade de medições com uso de tais scanners. Assim se desenvolve esse estudo como forma de avaliar o uso do equipamento para medidas da ordem de grandeza dos milímetros (orifícios produzidos por disparos de arma de fogo) a medidas da ordem dos metros (dimensão veicular).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Local e equipamentos

A análise dimensional foi realizada em pátio oficial da Polícia Civil do Estado do Rio Grande do Sul, sendo utilizado como anteparo principal um veículo Honda Fit EX 2008/2008 cinza (Figura 2) apresentando ao menos dois orifícios semelhantes àquelas produzidos pela passagem de projetil de arma de fogo na estrutura da porta anterior direita além de ostentar fragmentação vítrea da janela de tal porta.



Figura 2. Veículo Honda Fit EX escaneado.

O *scanner a laser* terrestre utilizado foi o *Trimble* X7 disponível na Seção de Levantamento de Locais de Crime do Instituto Geral de Perícias em Porto Alegre/RS em que se obtiveram quatro nuvens de ponto com qualidade superior a 6 minutos médio de escaneamento e uma quinta nuvem de pontos de qualidade média a 4 minutos médio de escaneamento. As capturas incluíram a fotografia a fim de colorizar as nuvens obtidas. O tratamento de escritório foi realizado com auxílio dos *softwares Forensics Capture, Perspective* e *RealWorks Forensics* também da *Trimble*.

A escolha e sequência dos pontos de tomada do *scanner* foi definida conforme sugestão do guia norte-americano de uso de *scanners* terrestre [3]. A Figura 3 a seguir ilustra os cinco pontos de tomadas em destaque sobre todos os pontos sugeridos pelo guia.

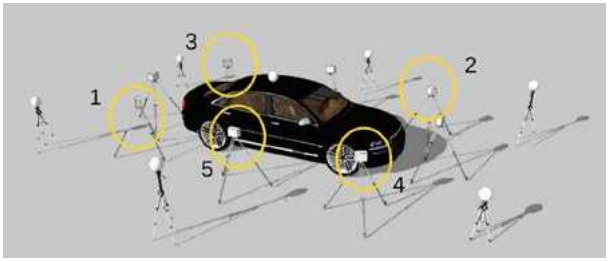


Figura 3. Pontos de tomada de captura externa de veículo [3].

As dimensões do veículo obtidas pelo uso do *scanner* foram comparadas com as dimensões disponíveis no manual do proprietário disponibilizado pela Honda. A Figura 4 a seguir exibe os valores padrões dimensionais dados em milímetros.

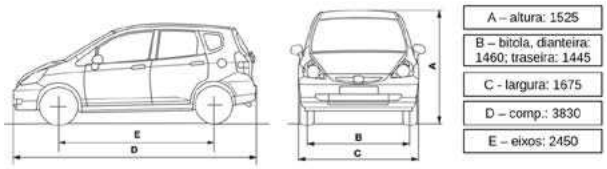


Figura 4. Dimensões do veículo Honda Fit EX 2008/2008 conforme fabricante [4].

Ao menos, um orifício potencialmente produzido pela passagem de projetil de arma de fogo era visto na moldura da porta anterior direita. Tal orifício teve algumas de suas medidas realizadas em campo com uso de paquímetro analógico de marca Nove54 com resolução de 0,05mm, essas medidas também foram compradas com àquelas obtidas pela nuvem de pontos escaneadas.

j*2.2. Distribuição estatística*

Considerando o reduzido tamanho amostral deste estudo, adotou-se a utilização da distribuição *t-Student* para a estimativa dos intervalos de confiança, a qual é mais apropriada em comparação à distribuição normal em situações de amostras pequenas [2].

O intervalo de confiança bilateral para a média, com nível de confiança de 95%, é dado por:

$$\bar{x} \pm 2,201 \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right) \quad (1)$$

Na Equação 1, x é o valor médio do parâmetro, s é o desvio padrão e n é o tamanho da amostra. Para o erro do equipamento, toma-se a incerteza padrão conforme a Equação 1. Para as diferenças de medições, toma-se a incerteza percentual e toma-se apenas os limites bilaterais inferior e superior para cada parâmetro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Relatório de erros do scanner

Os softwares de campos utilizados (*Forensics Capture e Perspective)* disponibilizam um relatório

de erros ao fim das tomadas de pontos. A Tabela 1 a seguir detalha o valor de erro e sobreposição entre as cinco estações.

Tabela 1. Relatório de erros e sobreposições de pontos em estações.

Estação	1	2	3	4	5
Erro [mm]	1,48	1,40	1,40	1,28	1,30
Sobreposição [%]	57	56	58	57	58

Assumindo distribuição aproximadamente normal dos erros e adotando um nível de confiança de 95% com base na distribuição t de *Student*, o erro médio foi estimado em 1,37 ± 0,15 mm.

3.2. Medidas no veículo e no orifício

As medidas obtidas pela nuvem de pontos tanto para o veículo quanto o orifício foram obtidas com uso do *software* de escritório *Trimble RealWorks Forensics* em que se possibilita a medição linear horizontal e vertical de pontos das nuvens. A Figura 5 a seguir ilustra o resultado do escaneamento do veículo visto no software.

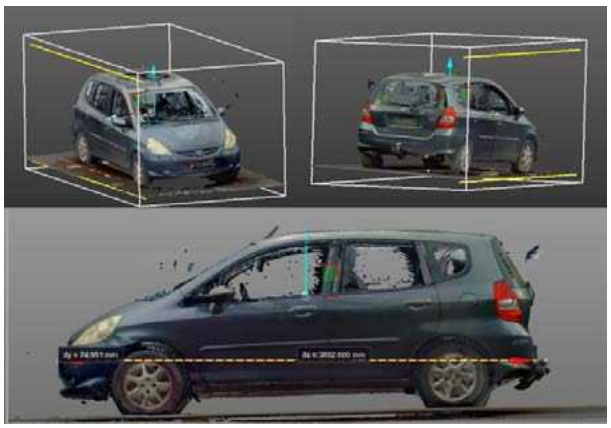


Figura 5. Escaneamento de Honda Fit EX 2008 em *RealWorks Forensics*.

As medições tanto do manual do veículo (Figura 4) quanto os valores médios medidos na nuvem de pontos (obtidos após escaneamento) estão dados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2. Relatório de medições em manual e obtidas com *scanner* para veículo Honda Fit.

		Manual	*Scanner*	+ erro	- erro	Dif. inf.	Dif. sup.
Altura [mm]		1525	1494,32	1493,10	1495,84	-2,09%	-1,91%
Bitola [mm]	Dianteira	1460	1491,54	1490,32	1493,06	2,08%	2,26%
	Traseira	1445	1462,31	1461,09	1463,83	1,11%	1,30%
Largura [mm]		1675	1706,42	1705,20	1707,94	1,80%	1,97%
Comprimento [mm]		3830	3833,33	3832,11	3834,85	0,05%	0,13%
Dist. Entre eixos [mm]		2450	2449,24	2448,02	2450,76	-0,08%	0,03%
					Diferença média	0,48%	0,63%
					Desvio padrão amostral da diferença	1,54%	1,55%

O orifício utilizado para medições apresentava características daqueles produzidos pela transfixação de projetil a partir face interna da moldura da porta. O orifício apresentava danos alongados sugerindo a não perpendicularidade do impacto do projetil. A Figura 6 mostra a realização das medições *in loco.*



Figura 6. Orifício e medições com paquímetro realizadas *in loco.*

As medições realizadas com o paquímetro e obtidas da nuvem de pontos estão dadas na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3. Relatório de medições com paquímetro e obtidas com *scanner* para orifício em veículo Honda Fit.

	Paquímetro	*Scanner*	+ erro	- erro	Dif. inf.	Dif. sup.
Abertura máxima [mm]	7,40	9,63	8,41	11,15	13,60%	50,63%
Abertura média [mm]	5,45	5,76	4,54	7,28	-16,76%	33,51%
Comprimento [mm]	20,15	24,77	23,55	26,29	16,86%	30,45%
				Diferença média	4,56%	38,20%
				Desvio padrão amostral da diferença	18,54%	10,87%

Ao considerar que as medidas também distribuem-se normalmente e para um critério *t-student* de 95% de confiança, a variação das medidas obtidas foi:

- Medições do veículo:
- A diferença entre a medição realizada em escritório (nuvem de pontos) versus àquela nominal disponível em manual veicular variou entre -0,90% e 2,02%;
- Medições do orifício:
- A diferença entre a medição realizada em escritório (nuvem de pontos) versus àquela medida com paquímetro analógico variou entre -19,00% e 52,01%.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que o uso de *scanner* a laser terrestre, baseado na tecnologia LiDAR, apresenta desempenho satisfatório para medições em escala de grandeza métrica, como aquelas relacionadas às dimensões veiculares. As diferenças observadas entre os valores obtidos por escaneamento e aqueles fornecidos pelo fabricante permaneceram dentro de uma faixa reduzida, variando aproximadamente entre -0,90% e 2,02%, o que indica

boa concordância e confiabilidade para aplicações periciais dessa natureza.

Por outro lado, ao se analisar medições em escala milimétrica, como no caso dos orifícios possivelmente produzidos por projéteis de arma de fogo, verificou-se uma variabilidade significativamente maior, com discrepâncias que atingiram valores entre -19,00% e 52,01%. Esses resultados mostram algumas limitações do método para a análise de detalhes finos, possivelmente associadas à resolução do equipamento, à densidade da nuvem de pontos e às características geométricas irregulares do objeto analisado.

O erro médio do sistema, estimado em 1,37 ± 0,15 mm com nível de confiança de 95%, mostrou-se compatível com os padrões esperados para o equipamento utilizado, reforçando sua adequação para levantamentos gerais de cenas de crime. Contudo, a propagação desse erro torna-se mais significativa quando aplicada a medições de pequenas dimensões, impactando diretamente a acurácia relativa nesses casos.

Dessa forma, conclui-se que o *scanner* constitui uma ferramenta robusta e eficiente para documentação tridimensional e análise de cenas em contexto forense, especialmente para medições de média e grande escala. Entretanto, para análises que demandem alta precisão em detalhes milimétricos, recomenda-se a utilização complementar de instrumentos de medição direta, como paquímetros, ou técnicas de maior resolução.

Para fins de pesquisa qualitativa em cenas de locais de crime, o escaneamento apresenta-se eficaz para ambas as escalas analisadas, visto que se identifica a existência de uma descontinuidade na porta anterior direita do veículo (orifício). No entanto, não se mede com acurácia.

Por fim, destaca-se a necessidade de ampliação de estudos experimentais voltados à validação metrológica desses equipamentos em diferentes cenários periciais, contribuindo para o estabelecimento de protocolos técnicos mais específicos e para o uso cada vez mais confiável dessa tecnologia no âmbito das ciências forenses.

AGRADECIMENTOS

Os autores do trabalho agradecem ao Instituto-Geral de Perícias do Rio Grande do Sul pela disponibilização do equipamento, assim como pela capacitação específica disponibilizada aos servidores da seção de levantamento de locais de crime.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] C. Park; H.P. Jeon; KL.S. Choi; J.P. Kim; N.K. Park. Application of 3D Laser Scanner to Forensic Engineering. Journal of Forensic Sciences, v. 63, n. 3, p. 930-934, maio 2018. DOI: 10.1111/1556-4029.13632.

[2] E. Bezerra. Intervalos de confiança: amostras pequenas. Rio de Janeiro: CEFET/RJ, 2018. Disponível em: https://eic.cefet-rj.br/~ebezerra/wp-content/uploads/2017/07/IE05c-Intervalos-de-Confian%C3%A7a-Amostras-Pequenas.pdf . Acesso em: 13 abr. 2026.

[3] FORENSIC TECHNOLOGY CENTER OF EXCELLENCE. Guidelines for Use of Terrestrial LiDAR Scanners in Criminal Justice Applications. Research Triangle Park: RTI International, 2022.

[4] HONDA AUTOMÓVEIS DO BRASIL LTDA. Fit: manual do proprietário. [S.l.]: Honda Automóveis do Brasil Ltda., [s.d.].

[5] R. R. Cunha; C. T. Arrabal; M. M. Dantas; H. R. Bassaneli. Laser scanner and drone photogrammetry: a statistical comparison between 3-dimensional models and its impacts on outdoor crime scene registration. Forensic Science International, v. 330, 111100, 2022. DOI: 10.1016/j.forsciint.2021.111100.

[6] SANTIAGO & CINTRA GEOTECNOLOGIAS. Treinamento laser scanning Trimble X9. [S.l.]: Suporte Técnico, 2024.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Reprodução Simulada dos Fatos com Imageamento 3D como recurso para elucidação de eventos complexos: homicídio ou disparo acidental por arma de fogo?

C. M. Fert[a,*], F. B. Palma[b], L. Beux[c], C. B. Gualdi[d] e B. Z. Cavedon[e]

[a]*Da Seção de Perícias em Áudio e Imagem, Divisão de Perícias Digitais, Departamento de Criminalística, Instituto-Geral de Perícias, Rio Grande do Sul (RS), Brasil*

[b]*Seção de Perícias em Áudio e Imagem, Divisão de Perícias Digitais, Departamento de Criminalística, Instituto-Geral de Perícias, Rio Grande do Sul (RS), Brasil*

[c]*Divisão de Perícias Digitais, Departamento de Criminalística, Instituto-Geral de Perícias, Rio Grande do Sul (RS), Brasil*

[d]*Seção de Perícias em Áudio e Imagem, Divisão de Perícias Digitais, Departamento de Criminalística, Instituto-Geral de Perícias, Rio Grande do Sul (RS), Brasil*

[e]*Seção de Perícias em Áudio e Imagem, Divisão de Perícias Digitais, Departamento de Criminalística, Instituto-Geral de Perícias, Rio Grande do Sul (RS), Brasil*

[*]*Endereço de e-mail para correspondência: sepai@igp.rs.gov.br. Tel.: +55-51-3288 5150.*

Palavras-chave: scanner Reprodução Simulada dos Fatos; Escaneamento 3D; Simulação Virtual; Criminalística; Homicídio; Disparo de arma de fogo.

1. INTRODUÇÃO

Trata-se de caso envolvendo a realização do exame pericial de Reprodução Simulada dos Fatos (RSF), executado a fim de esclarecer as circunstâncias do óbito de indivíduo alvejado por disparo de arma de fogo, ocorrido durante um evento de dinâmica complexa no interior do Rio Grande do Sul. De acordo com os relatos, a ocorrência seria referente a uma tentativa de suicídio por parte do filho da vítima fatal, com intervenção da esposa do mesmo, no intuito de impedi-lo, ocasião em que o pai do primeiro teria sido atingido de forma acidental.

O objetivo central do exame consistiu em confrontar as narrativas de ocorrência de disparo fortuito, decorrente de embate físico entre a nora e o filho da vítima, com os elementos periciais disponíveis e com a análise da geometria tridimensional do local. Foram testadas as duas hipóteses de dinâmica trazidas nas versões e verificadas suas viabilidades no cenário correspondente ao existente à época dos fatos. A primeira possibilidade testada era de ocorrência de disparo, durante disputa pela posse da arma, com essa a uma altura de, aproximadamente, um metro do solo. Já a segunda hipótese foi referente à ocorrência de disparo ao nível do chão, subsequente à queda da arma, em função do embate entre envolvidos.

Os achados periciais indicam, conforme necropsia, a existência de ferimento na região superciliar esquerda: "*...de bordos regulares e invertidos com orlas de contusão e enxugo, penetrando na cavidade (orifício de entrada de instrumento perfuro-contundente – projétil de arma de fogo) medindo oito por oito milímetros* (…). *Em continuidade* (…) *segue-se um túnel de escoriação e infiltrado sanguíneo* (…). [o projetil] *em seu trajeto, desorganiza a substância cerebral, de onde foi retirado* (…). *A direção* [do PAF] (…) *no corpo da vítima foi: da direita para esquerda, de baixo para cima e de diante para trás…".*

O exame balístico indicou que o revólver marca OH, calibre .38 Special, apresentava condições de uso e funcionamento e que o projetil coletado do corpo da vítima havia sido expelido pelo cano da referida arma, tendo em vista as correspondências de microelementos observadas entre os elementos questionado e padrão. Não foram consignadas avarias ou outras constatações quanto ao estado de conservação.

2. DESENVOLVIMENTO: PERÍCIAS AUDIOVISUAIS E COMPUTACIONAIS

Considerando que o cenário do evento havia sido modificado, a aplicação de tecnologia de escaneamento 3D associada a recursos de computação gráfica mostrou-se essencial para reproduzir virtualmente o ambiente original, possibilitando a avaliação da viabilidade técnica das versões apresentadas pelos participantes.

2.1 Tecnologia LIDAR e Acuidade Métrica

A coleta de dados espaciais foi realizada utilizando uma torre de escaneamento a *laser* **Trimble X7**. O equipamento opera via tecnologia **LIDAR** (*Light Detection and Ranging*), emitindo pulsos de laser infravermelho que calculam a distância baseando-se no tempo de retorno (ToF - *Time of Flight*). Cada ponto é registrado em coordenadas cartesianas (X, Y, Z), gerando uma nuvem de pontos de alta densidade.

Diferentemente das reconstruções convencionais baseadas exclusivamente em fotografias ou croquis, nas quais necessita-se realizar medições e cálculos para reproduzir as características geométricas do cenário, os modelos derivados de escaneamento tridimensional constituem representações em escala real do ambiente examinado. Dessa forma, a determinação de distâncias, alturas, ângulos, áreas e posicionamentos relativos dos objetos não depende de estimativas ou reconstruções matemáticas posteriores, uma vez que tais elementos já estão presentes na base de dados espacial originária do levantamento tridimensional. Nesse contexto, o modelo tridimensional passa a funcionar como cópia digital da cena, viabilizando a execução de verificações métricas, análises de visibilidade, estudos de trajetória, posicionamento de indivíduos e testes de viabilidade de dinâmicas.

No caso em questão foram realizadas capturas mediante posicionamento em 12 pontos estratégicos. O Relatório de Registro das Capturas indicou uma consistência de 100% dos pontos e o Relatório de Calibração de Campo atestou um erro médio de registro de apenas 3mm, precisão centimétrica superior a qualquer medição manual.

2.2 Fluxo de Trabalho

Para o processamento dos dados foram utilizados os seguintes softwares:

- **Trimble RealWorks Forensics (v2024.02.3552):** limpeza da nuvem, remoção de "ruído" (vegetação e transeuntes) e delimitação da área pericial. Dados exportados no formato estruturado E57;
- **MeshLab (v2023.12):** Conversão de formato E57 para PLY (*Polygon File Format*). Etapa essencial para a interoperabilidade entre o sistema métrico do *scanner* e o ambiente de modelagem;
- **Blender 4.2:** Ambiente central de simulação. Através de algoritmos de triangulação, a nuvem de pontos foi convertida em malhas 3D, de modo a permitir sua edição atendendo às necessidades do exame.
- A representação humana utilizou o *add-on* **MPFB (v2.0.8)**, garantindo fidelidade antropométrica aos envolvidos. Ativos complementares foram inseridos via **BlenderKit Online Asset Library** (Licença CC0).

2.3 Reconstrução Retrospectiva do Cenário

Um desafio técnico crítico foi a alteração do estado do local. À época do evento em questão, a varanda da residência (ponto onde a vítima fora atingida) tratava-se de um espaço aberto delimitado por mureta e portão metálico, conforme Fig. 1. Na data do exame de RSF, o local encontrava-se fechado com alvenaria, conforme Fig. 2.

Com a finalidade de aproximar o ambiente virtual das condições existentes à época dos fatos, foi utilizado procedimento de correspondência entre imagens históricas e o modelo tridimensional obtido por escaneamento a laser do local. Para tanto, empregou-se ferramenta baseada no algoritmo Perspective-n-Point (PnP), capaz de estimar a posição e os parâmetros da câmera responsável pela captura da fotografia mediante a correspondência entre pontos identificáveis na imagem e no modelo tridimensional escalado. Após o alinhamento, a fotografia passou a ser visualizada segundo a mesma perspectiva da câmera virtual, possibilitando sua projeção sobre a malha 3D e a comparação direta com o ambiente escaneado. Dessa forma, foi possível recompor virtualmente a referida varanda, removendo as paredes atuais e restaurando as características originais do momento da ocorrência.

Tal procedimento permitiu identificar e reproduzir características do cenário existentes à época dos acontecimentos, possibilitando que a reconstrução virtual não se limitasse à representação do local conforme encontrado posteriormente, mas incorporasse informações documentais contemporâneas aos fatos investigados. Assim, a simulação passou a representar fidedignamente as condições ambientais relevantes para a análise pericial, preservando simultaneamente a escala e a precisão geométrica decorrentes do levantamento tridimensional do local.



Figura 1. Local na época da ocorrência analisada.



Figura 2. Local na data da Reprodução Simulada dos Fatos.

3. REPRODUÇÃO SIMULADA E DINÂMICA DOS FATOS

As versões apresentadas pelo filho da vítima e por sua esposa convergiram para a ocorrência de uma discussão entre ambos. Após ameaça de suicídio por parte do primeiro, um embate corporal teria ocorrido, culminando em um disparo da arma de fogo que aquele estaria portando na ocasião.

3.1 O Momento Crítico – Embate seguido de disparo de arma de fogo

Conforme os relatos, após uma discussão entre o casal, em edificação defronte ao local onde a vítima foi atingida, a esposa teria visualizado pelo lado externo, através de uma janela, seu marido apontando uma arma de fogo para si mesmo, momento em que teria gritado e os dois teriam se deslocado na mesma direção, ele por dentro, portando a arma de fogo, e ela pelo exterior da edificação. Em seguida, ambos teriam se encontrado na porta de entrada e iniciado um embate corporal pela referida arma. Durante esta luta física cineticamente instável, teria ocorrido um disparo de arma de fogo. Eles apontaram o intervalo de ocorrência do mesmo como sendo aquele compreendido entre o momento em que teriam se encontrado na porta da casa, quando ela teria investido contra ele na intenção de obter a arma em sua posse, e o momento em que o objeto teria tocado o solo. A sequência de posicionamentos para esse espaço temporal foi indicada de forma similar pelos mesmos, durante a RSF.

3.2 Pós-Disparo

Posteriormente, o pai do indivíduo que portava a arma teria sido encontrado ferido por projetil de arma de fogo na varanda de sua residência, conforme Fig. 3.



Figura 3. Localização da vítima após a ocorrência.

4. ANÁLISE TÉCNICA E SIMULAÇÕES VIRTUAIS

Tendo em vista que o local onde a vítima fora encontrada apresentava-se, no momento do exame de Reprodução Simulada dos Fatos, em condições diferentes daquelas existentes à época do evento em questão, foram realizadas simulações tridimensionais das versões demonstradas pelos participantes do exame, em ambiente virtual similar ao existente na ocasião da ocorrência. O que viabilizou a elaboração desse cenário foi a utilização de dados obtidos através de levantamento do local por escaneamento tridimensional, utilizando a torre de escaneamento a *laser* **Trimble X7,** realizado durante o exame de RSF, e de imagens da moradia referentes à época dos fatos, constantes no Inquérito Policial. O recurso que possibilitou a análise de hipóteses de ocorrência dos relatos trazidos pelos participantes consistiu nas simulações tridimensionais, realizadas através da utilização do *software* Blender, em ambiente virtual similar àquele do momento da ocorrência.

4.1 Integração e Acuidade Geométrica

A integração da nuvem de pontos no Blender permitiu a inserção de modelos humanos no cenário do evento em tela. Os posicionamentos, apontados pelos participantes durante o exame de RSF, foram analisados em conjunto com a possível localização da vítima – tendo-se em vista o local em que foi encontrada após o disparo. As simulações foram realizadas considerando-se as duas hipóteses apresentadas no decorrer do exame: ocorrência de disparo durante o embate corporal entre o casal pela posse da arma de fogo, simulada a 98 centímetros do solo, e deflagração quando a mesma teria entrado em contato com o solo. Os participantes não mencionaram,

em suas versões, o posicionamento da vítima no momento do disparo, apenas referiram o local onde a mesma teria restado ferida, na varanda da sua residência. Dessa forma, na elaboração das simulações tridimensionais, o indivíduo atingido pelo DAF foi inicialmente colocado em decúbito, em localização correspondente àquela em que estaria em momento posterior ao disparo, conforme Fig.3, e, então, foi verticalizado e rotacionado para a esquerda, sendo representado em pé, na varanda, com a fronte voltada para onde seu filho e sua nora estariam em embate corporal. Utilizou-se um modelo 3D com compleição física correspondente às imagens da vítima constantes no inquérito policial e com a estatura indicada no exame necroscópico.

4.2 O Vetor de Disparo e o Ferimento

As referidas simulações demonstraram, conforme Fig. 4 a Fig. 11, que ambas as possibilidades de ocorrência de disparo apresentadas durante o exame poderiam resultar em um ferimento com as características descritas no exame necroscópico da vítima: *"...o ferimento descrito na região superciliar esquerda corresponde, por suas características, ao local de entrada de um instrumento perfurocontundente (projétil de arma de fogo)* (…) *segue-se um túnel de escoriação e infiltrado sanguíneo, em seu trajeto, desorganiza a substância cerebral, de onde foi retirado um projétil de arma de fogo.* (…) *A direção do instrumento no corpo da vítima foi: da direita para esquerda, de baixo para cima e de diante para trás*…".

4.2.1. Possibilidade de ocorrência de disparo durante o embate corporal entre o casal



Figura 4. Hipótese de ocorrência de disparo durante embate corporal



Figura 5. Hipótese de ocorrência de disparo durante embate corporal



Figura 6. Hipótese de ocorrência de disparo durante embate corporal



Figura 7. Hipótese de ocorrência de disparo durante embate corporal

4.2.2. Possibilidade de ocorrência de disparo quando a arma entrou em contato com o solo



Figura 8. Hipótese de ocorrência quando a arma entrou em contato com o solo



Figura 9. Hipótese de ocorrência quando a arma entrou em contato com o solo



Figura 10. Hipótese de ocorrência quando a arma entrou em contato com o solo

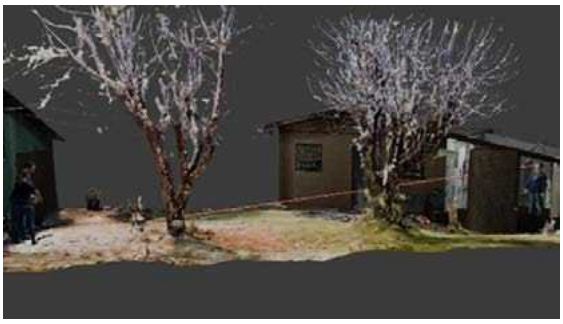


Figura 11. Hipótese de ocorrência quando a arma entrou em contato com o solo

5. CONCLUSÕES

A utilização de escaneamento 3D LIDAR e simulações em ambiente virtual possibilitou a superação do obstáculo constituído pelas modificações físicas sofridas pelo imóvel no intervalo temporal entre a ocorrência e a RSF, viabilizando as análises técnicas pertinentes ao exame.

Foi possível verificar que o ferimento registrado na região superciliar esquerda da vítima apresentou convergência técnica com os ângulos resultantes das simulações 3D, em ambas as hipóteses testadas.

As trajetórias mostraram-se compatíveis tanto com um disparo efetuado em situação de desequilíbrio dinâmico durante embate corporal, quanto com um disparo deflagrado a partir do choque da arma com o solo.

As simulações demonstraram que, dada a distância e o desnível entre o local do embate e a varanda onde a vítima se encontrava, as variações de ângulo originadas por diferentes alturas de disparo poderiam produzir, de forma similar, o trajeto descrito no exame necroscópico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] REIS A.B. Metodologia científica em perícia criminal. Campinas (SP): Millennium Editora, 2011.

[2] *Blender Foundation. Blender 4.2 Manual*, *Blender Foundation, Netherlands*, 2024.

[3] BUCK, U.; NAETHER, S.; BRAUN, M. et al. *Accident or homicide: Virtual crime scene reconstruction using 3D methods. Forensic Science International*, v. 225, 2013.

[4] Instituto-Geral de Perícias do Rio Grande do Sul. Procedimento Operacional Padrão – Reprodução Simulada dos Fatos (RSF), Instituto-Geral de Perícias, Rio Grande do Sul, Brasil (s.d.).

[5] VELHO J.A.; GEISER G.C.; ESPÍNDULA A., orgs. Ciências forenses: uma introdução às principais áreas da criminalística moderna. Campinas (SP): Millennium Editora, 2012.

[6] DOREA L.E.; QUINTELA V.; STUMVOLL V.P.; TOCCHETTO D., orgs. Criminalística. 5ª ed. Campinas (SP): Millennium Editora, 2012.

[7] *Trimble Inc. Trimble X7 3D Laser Scanner User Guide, Trimble Inc., United States of America,* 2024.

[8] WIECZOREK, T.; PRZYŁUCKI, R.; LISOK, J.; SMAGÓR, A. *Analysis of the Accuracy of Crime Scene Mapping Using 3D Laser Scanners. In: Contemporary Issues in Criminalistics and Forensic Engineering. Springer*, 2019.

A. F. Morales, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Perfil pericial dos suicídios examinados em Porto Alegre/RS em 2020: achados de local, necroscópicos e laboratoriais

A. F. Morales[a,*]

[a]*Departamento de Criminalística, Instituto Geral de Perícias, Porto Alegre (RS), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: morales@igp.rs.gov.br. Tel.: +55-51-996388502*

Palavras-chave: Suicídio; local de morte; enforcamento; toxicologia forense; análise forense.

1. INTRODUÇÃO

O suicídio, além de ter reflexos na saúde pública, afeta a área da segurança pública. A perícia possui papel central nos casos de morte autoinfligida, mas nem sempre os exames isoladamente permitem conclusão definitiva. Em determinados casos, o laudo é conclusivo, mas em outros, pode indicar compatibilidade, probabilidade ou impossibilidade de exclusão de outras hipóteses. Antes de ser periciado, o corpo submetido a exame é resultado de uma morte violenta, não esclarecida até então, e deverá cumprir todas as exigências constantes no Código de Processo Penal, entre eles: registro de ocorrência policial, mobilização das forças policiais e, por consequência, realização de exames periciais. Ocorre que muitas informações sobre suicídio estão espalhadas por diversas áreas públicas, o que pode gerar dificuldade em organizar dados referentes a este assunto. Da parte dos institutos periciais oficiais cabe, entre outras, a análise do local da suposta infração penal e o exame do cadáver de modo a chegar à conclusão de que se trata realmente de uma morte autoinfligida.

É possível utilizar as informações coletadas através dos exames periciais para diversos outros estudos a respeito do suicídio e sua repercussão social e na saúde pública. Os achados dos exames necroscópicos e da análise do local de suicídio ainda são subaproveitados, muitas vezes se restringido a fazerem parte somente do inquérito policial, estando indisponíveis fora dos sistemas da segurança pública. Estas informações podem dar base para autópsias psicológicas a fim de alcançar importantes elementos referentes à compreensão do suicídio como fenômeno social e individual [1].

Durante a pandemia de COVID-19, houve uma suspeita que as taxas de suicídio foram elevadas, considerando a questão do isolamento social forçado, o qual é um dos fatores de risco no suicídio. O primeiro caso de COVID-19 no Brasil foi identificado em 26 de fevereiro de 2020 na cidade de São Paulo, com o primeiro óbito confirmado um mês depois. No mesmo mês a Organização Mundial da Saúde (OMS) caracterizou a COVID-19 como pandemia, contexto que levou à adoção de medidas de distanciamento social (OPAS/OMS) [2]. Após a declaração da Organização Mundial da Saúde (OMS), em 11 de março, de que a infecção causada pela COVID-19 era uma pandemia, e mediante a ausência de uma política nacional abrangente de distanciamento social no país, os estados e municípios brasileiros passaram a se articular e implementar suas próprias medidas de distanciamento social.

O isolamento social figura entre os fatores de risco para o suicídio, conjuntamente com tentativas prévias, histórico familiar de doenças mentais, histórico familiar de agressão ou abuso, declaração ou pensamentos de intenção, dentre outros fatores biológicos e socioeconômicos [3].

O objetivo deste estudo foi descrever o perfil epidemiológico e os principais achados periciais dos casos classificados como suicídio em Porto Alegre no ano de 2020, a partir da análise integrada de laudos de local, exames necroscópicos e exames laboratoriais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de estudo retrospectivo, descritivo e documental, baseado na análise de registros periciais referentes a mortes classificadas como suicídio no município de Porto Alegre/RS no ano de 2020. Foram coletados dados de todas as necropsias classificadas como suicídio dentro do Protocolo Geral de Perícias (PGP), ferramenta utilizada pelo Instituto Geral de Perícias para gerir os exames e laudos periciais. Além destas, também foram analisadas aquelas que foram preliminarmente classificadas como morte com suspeita de violência e morte acidental, mas que, posteriormente, os exames concluíram que se tratava de morte autoinfligida. Foram analisados o histórico da ocorrência inicial no boletim policial e os exames de necropsia, de local de morte e laboratoriais de todos estes registros.

Somente o exame do local pode não ser suficiente para se descobrir a motivação de cada vítima. Para isso, seria necessária uma análise mais aprofundada, considerando a possibilidade da autópsia psicológica e psicossocial. Nessas situações, ela auxilia na obtenção de informações sobre o suicídio e, dependendo da sua estrutura, pode aprimorar o conhecimento sobre a vivência dos sobreviventes do suicídio. Esta análise tem mostrado sua eficácia em diversos contextos: na clínica, na avaliação forense e no contexto de pesquisa sobre o suicídio [4].

3. DADOS COLETADOS

3.1. Levantamento total

No presente levantamento, foram identificadas 115 mortes classificadas como suicídio na base pericial do Instituto Geral de Perícias em Porto Alegre no ano de 2020. O Boletim Epidemiológico de 2024 da Secretaria Municipal de Saúde [5], por sua vez, apresenta 101 casos para o mesmo município e período, além de 128 casos em 2019 e 142 em 2021. A comparação entre esses números deve ser interpretada com cautela, pois as bases podem adotar critérios distintos quanto à data do fato, data do óbito, município de ocorrência, município de residência, forma de classificação e atualização dos registros. Assim, os dados disponíveis não permitem afirmar, com segurança, aumento ou redução dos suicídios no primeiro ano da pandemia. A divergência observada reforça a necessidade de integração entre bases periciais e epidemiológicas, bem como de estudos futuros com critérios uniformes de seleção e comparação temporal.

Considerando o sexo biológico das vítimas, constatou-se que 80% eram do sexo masculino e 20% eram do sexo feminino. Considerando os achados registrados nos laudos necroscópicos, não foram identificadas vítimas com características anatômicas indicativas de cirurgia de redesignação sexual. Assim, para fins deste levantamento, a variável sexo foi analisada conforme os achados periciais e os registros constantes dos exames necroscópicos.

Tanto entre homens como entre mulheres, a idade com maior concentração de vítimas foi entre 21 e 30 anos (21,7%) e entre 51 e 60 anos (20,7%).

3.2. Levantamento por mês

Foram coletados dados relacionados às datas em que ocorreram as mortes. Constatou-se que o período inicial (março e abril) do isolamento social imposto pelas medidas de combate ao vírus COVID-19 não apresentou aumento dos casos de suicídio. Porém, o terceiro mês após a determinação do isolamento social (maio) foi o que teve o maior número de casos no ano de 2020. Ainda assim, seria necessária uma análise comparativa mais aprofundada em relação a outros anos.

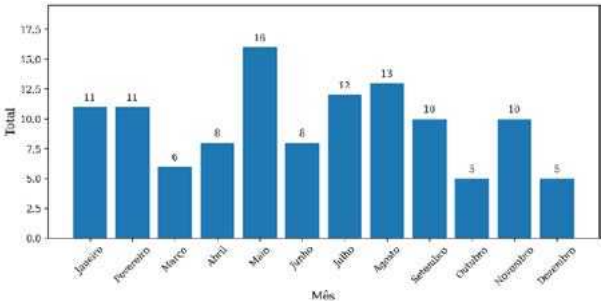


Figura 1. Distribuição mensal dos suicídios

4. ANÁLISE PERICIAL GERAL

Foram realizados ou solicitados exames de local em 94 dos 115 casos, correspondendo a 81,7%. No restante, o local teria sido alterado na tentativa de socorro da vítima ou houve uma grande dilação temporal entre o fato e a morte efetivamente ocorrida durante tratamento hospitalar. Dos locais em que houve exame pericial, 73,4% encontravam-se aparentemente preservados. O Código de Processo Penal, no parágrafo único do artigo 169 [6] determina que os peritos registrarão, no laudo, as alterações do estado das coisas e discutirão, no relatório, as consequências dessas alterações na dinâmica dos fatos. A alteração do local não afasta automaticamente a possibilidade de realização do exame, devendo os peritos registrar as

modificações identificadas e avaliar seus efeitos sobre a interpretação dos fatos.

4.1. Métodos empregados

Por meio da análise da *causa mortis* definida no laudo necroscópico e os vestígios constatados no local do fato foi possível avaliar o meio utilizado para o êxito letal. O exame necroscópico *per se* não deve concluir a diagnose diferencial e a causa jurídica da morte. Para tanto, faz-se necessária a avaliação do local do fato.

O enforcamento foi método escolhido pela metade dos indivíduos do sexo masculino, enquanto que a morte por precipitação de altura elevada e o uso de arma de fogo foram os métodos usados por 13% das vítimas. Entre os indivíduos de sexo feminino, a precipitação de altura elevada foi o método escolhido por 39,1% das vítimas, ficando o enforcamento em segundo lugar (26,1%) e a intoxicação exógena em terceiro (17,4%). Estudos apontam que o enforcamento é o método de preferência, independente do sexo do indivíduo [7], o que leva a destacar o método da precipitação escolhido por quase metade dos indivíduos do sexo feminino no período analisado. Esta escolha pode ter várias justificativas, dentre elas, a quantidade de prédios de altura elevada em uma cidade urbanizada como Porto Alegre.

Tabela 1. Método utilizado separado por sexo registrado.

Método	Homens	%	Mulheres	%	Total
Arma branca	4	4,3%	1	4,3%	5
Arma de fogo	12	13,0%	2	8,7%	14
Enforcamento	46	50,0%	6	26,1%	52
Fogo	2	2,2%	1	4,3%	3
Intoxicação exógena	7	7,6%	4	17,4%	11
Precipitação	12	13,0%	9	39,1%	21
Afogamento	5	5,4%	0	0,0%	5
Asfixia por CO	3	3,3%	0	0,0%	3
Eletroplessão	1	1,1%	0	0,0%	1
TOTAL	92		23		115

4.2. Exames laboratoriais

O protocolo de exames do Departamento Médico-Legal determina a coleta de sangue e urina para exames posteriores. Nos casos analisados, foi feita análise quantitativa de álcool no sangue e qualitativa de determinadas substâncias na urina. Do total de 115 vítimas, em 4 casos não foi possível fazer nenhum tipo de coleta de material para análise.

Entre os indivíduos do sexo masculino, praticamente um terço das vítimas (32,6%) apresentou resultado positivo para álcool etílico no sangue. Entre as mulheres este índice cai para 17,4%.

O álcool pode desempenhar um papel importante nos eventos que levam ao suicídio em indivíduos sem histórico psiquiátrico prévio. A desinibição produzida pela intoxicação pode facilitar ideias de autoeliminação e aumenta a probabilidade de pensamentos suicidas serem colocados em ação, muitas vezes impulsivamente [8].

Dentre as substâncias presentes na urina, a cocaína (e metabólitos associados) foi a mais prevalente (19,5%), principalmente nos casos de enforcamento em indivíduos do sexo masculino. Entre os benzodiazepínicos, Diazepam, Nordazepam e Midazolam apresentaram uma distribuição mais homogênea entre os dois sexos.

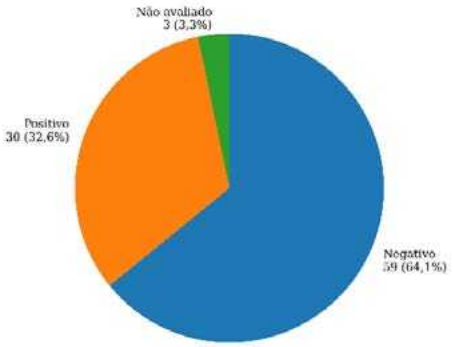


Figura 2. Distribuição dos resultados de exames de alcoolemia em 92 indivíduos do sexo masculino

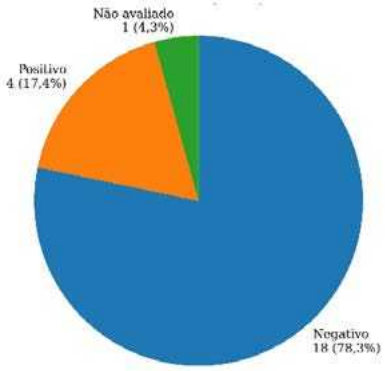


Figura 3. Distribuição dos resultados de exames de alcoolemia em 23 indivíduos do sexo feminino

4.3. Local do óbito

Em relação às características clinico-epidemiológicas, a própria residência é o local mais frequente de ocorrência de suicídio [9]. No estudo atual realizado, a maioria dos óbitos ocorreu na própria residência (75,7%). Entre os casos ocorridos em residências, 44,8% foram registrados no próprio quarto. Em 12,2%

dos casos, não houve local definido devido ao socorro prestado à vítima.

A informação de que a vítima residia no local em que foi encontrada veio dos exames periciais realizados no local e dos boletins de ocorrência policial.

4.4. Bilhete de despedida

A presença de bilhete de despedida foi registrada em 21 dos 115 casos analisados, correspondendo a 18,3% do total. Entre os indivíduos do sexo masculino, foram identificados 19 casos com bilhete de despedida (20,7%), enquanto entre os indivíduos do sexo feminino houve 2 registros (8,7%). Em 10 casos, a variável não pôde ser avaliada. Considerando apenas os casos avaliáveis, a presença de bilhete foi observada em 20,0% das ocorrências.

Esse achado deve ser interpretado como elemento contextual relevante para a análise pericial do local e para eventual integração com autópsia psicológica, mas não possui valor diagnóstico isolado. A ausência de bilhete não afasta a hipótese de morte autoinfligida, assim como sua presença não substitui a avaliação integrada dos vestígios de local, dos achados necroscópicos, dos exames laboratoriais e das informações investigativas.

Tabela 2. Presença de bilhetes de despedida nos locais analisados.

Presença de bilhete	Homens	%	Mulheres	%	Total
Sim	19	20,7%	2	8,7%	21
Não	65	70,7%	19	82,6%	84
Não avaliado	8	8,7%	2	8,7%	10
TOTAL	92		23		115

5. ANÁLISE PERICIAL ESPECÍFICA

Cada método utilizado apresenta peculiaridades específicas que devem ser consideradas nos exames periciais. A necropsia e o exame do local do fato devem avaliar os vestígios pertinentes disponíveis para serem usados na determinação do diagnóstico diferencial da causa jurídica da morte.

5.1. Enforcamento

O enforcamento é uma forma de asfixia mecânica produzida por constrição do pescoço por meio de um laço acionado pelo peso da própria vítima [10]. O enforcado típico é aquele em que o nó de fechamento do laço se encontra na face posterior do pescoço [11]. Dos 52 casos de enforcamento analisados, 22 apresentaram nó posterior (enforcado típico). Achados de autópsia, como dissecção anterior normal do pescoço, a identificação de um sulco que se projeta para cima formando um "V" invertido no pescoço, e a cartilagem tireoide e osso hioide não fraturados são compatíveis com a hipótese de suicídio por enforcamento [12]. Em relação ao osso hioide, foi constatada fratura em apenas 9 casos, em 31 casos o hioide não apresentou fratura e em 12 não foi feita análise devido aos protocolos de COVID-19 vigentes na época [13].

Chama-se de suspensão típica ou completa aquela em que o corpo fica totalmente sem tocar em qualquer ponto de apoio: e suspensão atípica ou incompleta, se é apoiado pelos pés, joelhos ou outra parte qualquer do corpo [14]. Entre a população leiga, há muita resistência em aceitar que pode ocorrer morte por enforcamento mesmo que a vítima esteja sentada ou ajoelhada. Dentre o meio pericial, sabe-se que não há necessidade da ação de todo o peso do corpo da vítima para que ocorra a morte por enforcamento. O fator mais importante nos casos de enforcamento é a obstrução da passagem do sangue arterial pelas carótidas, acarretando perturbações cerebrais pela anoxia. A pressão capaz de obter a obliteração dos vasos é em torno de 2 kg para as veias jugulares, de 5 kg para as artérias carótidas comuns e de 25 kg para as artérias vertebrais.

Tabela 3. Relação entre fratura do osso hioide e sexo registrado

Osso Hioide	Homens	Mulheres
Não avaliado	10	2
Com fratura	8	1
Sem fratura	28	3

Dentre os casos de enforcamento, foram constatadas 20 suspensões incompletas, 10 completas e em 22 não foi possível avaliar devido ao local ter sido desfeito.

Na análise descritiva, não foi observado um padrão consistente de associação entre as variáveis examinadas.

5.2. Arma de fogo

O suicídio por arma de fogo é um método predominantemente masculino. As mulheres raramente se suicidam com tiros. Na Grã-Bretanha, uma mulher baleada é considerada assassinada até que se prove o contrário, embora – como sempre – ocorram exceções, especialmente em comunidades onde as armas de fogo são comuns, como em áreas agrícolas ou de caça [15]. O atual estudo confirma a proposição, considerando que dos 14 casos de suicídio por arma de fogo, apenas 2 foram perpetrados por mulheres.

O armamento mais comum encontrado foi o revólver de calibre .38 (8 casos). Apenas em 2 casos a arma ficou na mão da vítima (ambos homens).

Os suicidas, por seu turno, na expectativa de minorar seus sofrimentos, optam, na maioria das vezes, por zonas fatais. Nos casos analisados, 11 suicídios foram provocados por lesões em alguma região da cabeça, sendo a região temporal direita a mais comum (5 casos).

Tabela 4. Local da lesão nos suicídios por arma de fogo por sexo registrado

Local do tiro	Homens	Mulheres
Cabeça	9	2
Pescoço	2	0
Peito	1	0

O efeito *backspatter* pode ser verificado nos casos de disparo de arma de fogo muito próximo à cabeça. Isso ocorre porque essas manchas impactadas, ao serem lançadas em direção oposta à arma de fogo que efetuou o disparo, à curta distância, podem vir a atingir partes da arma, bem como as próprias mãos e vestes do atirador [16]. Mesmo a ausência de *backspatter* ainda pode ser compatível com a possibilidade de uma morte autoinfligida, pois os gases do disparo de arma de fogo podem impedir que estas gotas de sangue atinjam as mãos ou o cano da arma de fogo. Um estudo aponta que a presença de *backspatter* ocorre em apenas 32% dos casos de suicídio por arma de fogo [17]. Nos exames analisados, em apenas 3 casos (21,4% do total) se constatou a presença de *backspatter*. Contudo, a presença desse vestígio também não deve ser interpretada isoladamente.

Ao ser produzido um tiro, os resíduos projetados para fora da arma saem pela boca do cano, juntamente com o projétil, e também pela parte anterior das câmaras, entre o tambor e o cano, e pela parte posterior das câmaras, nos revólveres. Os resíduos que saem das câmaras podem atingir as mãos do atirador, em especial a região dorsal dos dedos polegar e indicador, e a região da palma da mão, próxima a esses dois dedos. Em tiros dados com revólveres, a quantidade de resíduos que podem atingir a mão é muito maior do que em tiros produzidos com pistolas que, por serem armas mais fechadas e, dependendo do formato e tamanho da janela de ejeção existente no ferrolho, podem ocorrer casos em que pequena ou nenhuma quantidade de resíduos acabe atingindo a mão do atirador [18]. Os vestígios encontrados nas mãos de 10 das 14 vítimas eram compatíveis com aqueles gerados a partir do rompimento da cápsula de espoletamento por ocasião de tiro de arma de fogo.

A análise do trajeto que o projétil percorreu no corpo do cadáver em catorze casos indicou que a direção mais comum foi da direita para esquerda (10), de baixo para cima (9) e de anterior para posterior (8), não necessariamente concomitantemente.

5.3 Afogamento

Existem casos em que a conclusão pelo suicídio é dificultada pelo método utilizado, como, por exemplo, nos casos de afogamento. Nem sempre o local de onde é retirado o cadáver, muitas vezes devido à marcha putrefativa do cadáver, da temperatura da água e das correntes aquáticas, superficiais ou profundas, corresponde ao lugar onde se verificou o afogamento, o que dificulta sua análise. França [19] ainda discute a impossibilidade de suicídio por afogamento:

Do nosso ponto de vista, o suicídio típico por afogamento é teoricamente quase impossível. A vítima não suportaria a angústia e o sofrimento da asfixia lenta. Tentaria, a todo custo, a respiração. O que se verifica comumente é o suicídio-acidente, isto é, depois de o indivíduo procurar a morte e faltando-lhe as condições de sobrevivência, terminaria por afogar-se. De início, a tentativa de suicídio e, depois, o acidente.

Dentro do levantamento realizado, constataram-se 5 casos de afogamento sendo todos do sexo masculino e com idades entre 25 e 74 anos. A amostra de cinco casos é muito pequena e deve ser tratada como descrição exploratória. Quatro das cinco vítimas apresentaram álcool no sangue, a maioria com valores iguais ou acima de 11 dg/L. Outro ponto é que as pesquisas de diatomáceas, organismos que podem integrar o fitoplâncton, resultaram negativas nos casos analisados. Piette & De Letter [20] apontam que o teste da presença de diatomácea no pulmão é "padrão-ouro" no diagnóstico de afogamento (prova de Incze), admitido desde o fim do século XIX, sendo ainda considerado exame de excelência nos dias de hoje. A pesquisa de diatomácea, apesar de ser considerada de excelência, apresenta resultados falso-negativos e falso-positivos [21].

Tabela 5. Suicídios por afogamento

Sexo	Idade	Álcool (dg/L)	Diatomáceas no pulmão
M	entre 20 e 30 anos	15,6	Negativo
M	entre 30 e 40 anos	11	Negativo
M	entre 50 e 60 anos	2,8	Negativo
M	entre 50 e 60 anos	13,9	Negativo
M	acima de 70 anos	Negativo	Negativo

6. CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu descrever o perfil pericial de 115 mortes classificadas como suicídio em Porto Alegre/RS no ano de 2020, a partir da análise integrada de boletins de ocorrência, laudos de local de morte, exames necroscópicos e exames laboratoriais. A discrepância entre o total identificado na base pericial e o número informado no boletim epidemiológico municipal evidencia a necessidade de maior integração entre os sistemas de saúde, segurança pública e perícia oficial, a fim de aprimorar a qualidade e a uniformidade dos registros.

Os resultados demonstraram predomínio de vítimas do sexo masculino, maior frequência do enforcamento no conjunto analisado e elevada ocorrência dos fatos em ambiente residencial. Foram realizados ou solicitados exames de local em 94 dos 115 casos, e a residência foi o local mais frequente de ocorrência. Entre os enforcamentos, a suspensão incompleta predominou entre os 30 casos em que foi possível avaliar essa variável, correspondendo a 66,7% dos casos avaliáveis. Nos suicídios por arma de fogo, observou-se predominância masculina, maior frequência de lesões na cabeça e presença de elementos periciais úteis à interpretação da dinâmica do disparo.

Os achados laboratoriais, especialmente a positividade para álcool etílico e a prevalência de cocaína e metabólitos entre as substâncias pesquisadas, devem ser interpretados como dados associativos, sem inferência causal isolada. Os resultados são descritivos e não validam critérios diagnósticos com sensibilidade, especificidade ou valor preditivo. Ainda assim, contribuem para o conhecimento da distribuição dos achados periciais em mortes autoinfligidas e demonstram a utilidade dos dados periciais como complemento às bases de saúde pública e segurança pública, podendo subsidiar estudos comparativos, protocolos institucionais e estratégias de integração entre bases oficiais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] B.S.G. Werlang. Autópsia psicológica, importante estratégia de avaliação retrospectiva. Ciência & Saúde Coletiva 17: 1955-1957 (2012).

[2] Organização Pan-Americana da Saúde. OMS afirma que COVID-19 é agora caracterizada como pandemia. OPAS/OMS, 11 mar. 2020. Retirado em 09/07/2026, de https://www.paho.org/pt/news/11-3-2020-who-characterizes-covid-19-pandemic.

[3] A.S. Pereira; A.R. Wilhelm; S.H. Koller; R.M.M. Almeida. Fatores de risco e proteção para tentativa de suicídio na adultez. Ciência & Saúde Coletiva 23: 3767-3777 (2018).

[4] E. Isometsä. Psychological autopsy studies: a review. European Psychiatry 16: 379-385 (2001).

[5] Secretaria Municipal de Saúde de Porto Alegre. Boletim Epidemiológico de 2024: mortalidade por suicídio em Porto Alegre. Porto Alegre: Secretaria Municipal de Saúde, 2024. Retirado em 09/07/2026 de https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_doc/hotsites/sms/vigilancia-em-saude/Boletim%20%20Epidemiol%C3%B3gico%20Setembro%20Amarelo%20%202024.pdf.

[6] Brasil. Decreto-Lei n.º 3.689, de 3 de outubro de 1941. Código de Processo Penal. Rio de Janeiro, RJ: Presidência da República, 1941. Retirado em 09/07/2026, de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del3689.htm.

[7] H.R. Guarner. Suicide by hanging. A review of 56 cases. Am J Forensic Med Pathol 8:23–6 (1987)

[8] L. Sher. Alcohol consumption and suicide. QJM: An International Journal of Medicine 99: 57-61 (2006).

[9] G.M. Lovisi et al. Análise epidemiológica do suicídio no Brasil entre 1980 e 2006. Revista Brasileira de Psiquiatria 31: S86-S94 (2009).

[10] H.C. Hércules. Medicina Legal: texto e atlas, Atheneu, Brasil (2024) 503.

[11] R. Franklin. Medicina Forense Aplicada, Rubio, Brasil (2018) 266.

[12] J.M. Gorniak et al. Hanging deaths with bound hands: what is the manner? The American Journal of Forensic Medicine and Pathology 28: (2007) 232.

[13] Instituto-Geral de Perícias do Rio Grande do Sul. Instrução Normativa n.º 02/2020. Porto Alegre: Instituto-Geral de Perícias, 2020.

[14] G.V. França. Medicina Legal, Guanabara Koogan, Brasil (2017) 356.

[15] B. Knight. Forensic Pathology, Edward Arnold Publishers, United Kingdom (2004) 239.

[16] A.A. Canelas Neto. Perfis de mancha de sangue: do local de crime à elaboração do laudo, Lura Editorial, Brasil (2017) 189.

[17] P. Betz et al. Frequency of blood spatters on the shooting hand and of conjunctival petechiae following suicidal gunshot wounds to the head. Forensic Science International 76: 47-53 (1995).

[18] D. Tocchetto. Balística Forense: aspectos técnicos e jurídicos, Millennium, Brasil (2018) 352.

[19] G.V. França. Medicina Legal, Guanabara Koogan, Brasil (2017) 375.

[20] M.H.A. Piette; E.A. De Letter. Drowning: still a difficult autopsy diagnosis. Forensic Science International 163: 1-5 (2006).

[21] R. Franklin. Medicina Forense Aplicada, Rubio, Brasil (2018) 265.

B. H. Mossmann, M. R. Fernandes, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Assistentes de inteligência artificial e a dinâmica dos fatos: a relevância do acesso imediato a vestígios digitais em locais de crime

B. H. Mossmann[a,*], M. R. Fernandes[b]

[a]*Diretoria de Criminalística, Polícia Científica de Santa Catarina, Joinville (SC), Brasil*
[b]*Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Curitiba (PR), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: bruno.mossmann@policiacientifica.sc.gov.br.*

Palavras-chave: Suicídio; local de morte; enforcamento; toxicologia forense; análise forense.

1. INTRODUÇÃO

A atuação do perito criminal em locais de crime exige constante adaptação às transformações sociais e tecnológicas que influenciam a dinâmica dos eventos investigados. Classicamente os vestígios de interesse criminalístico eram associados a elementos físicos, biológicos ou químicos [1]. O avanço das tecnologias digitais ampliou significativamente as formas de manifestação, preservação e interpretação dos elementos relacionados à infração penal [2] [3].

Neste contexto, os vestígios digitais passaram a ocupar posição central na reconstrução da dinâmica dos fatos, funcionando não apenas como meio de comunicação, mas também como repositório de informações pessoais, registros comportamentais, manifestações emocionais e interações sociais do indivíduo. Fotografias, históricos de pesquisa, mensagens, anotações e registros de navegação frequentemente constituem elementos relevantes para a compreensão da motivação e das circunstâncias relacionadas ao fato investigado [4].

Mais recentemente, a popularização dos assistentes de inteligência artificial introduziu uma nova forma de interação digital potencialmente relevante para a atividade pericial. Ferramentas conversacionais baseadas em inteligência artificial passaram a ser utilizadas cotidianamente como mecanismos de pesquisa, organização pessoal e exteriorização de pensamentos íntimos, preservando registros capazes de refletir aspectos subjetivos do usuário e fornecer informações relevantes sobre preparação, motivação e dinâmica do fato investigado [5].

Apesar da crescente relevância destes elementos no contexto investigativo, a literatura criminalística nacional e o arcabouço jurídico-normativo aplicável ainda abordam de forma limitada o reconhecimento, a preservação e o processamento desses vestígios digitais imateriais durante o exame de local de crime. Além disso, a volatilidade das informações presentes em aparelhos eletrônicos, associada às particularidades técnicas relacionadas ao acesso, autenticação e preservação de dados digitais, impõe desafios específicos à manutenção da cadeia de custódia e ao reconhecimento imediato de elementos de potencial interesse pericial [6].

Este trabalho busca investigar a importância do acesso imediato aos dispositivos tecnológicos para o reconhecimento e fixação dos vestígios digitais ainda nos locais de crime e discutir a interação com assistentes de inteligência artificial como elemento na dinâmica do crime, apresentando um caso concreto onde estes vestígios são encontrados, e destacando como a integração de diferentes tipos de vestígios pode aprimorar a análise pericial.

2. A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E OS VESTÍGIOS DIGITAIS EM LOCAIS DE CRIME

A crescente digitalização das relações sociais modificou significativamente a forma como indivíduos registram comportamentos, manifestam pensamentos

e interagem com o ambiente em que vivem. Os dados da Agência Nacional de Telecomunicações referentes a março de 2026 indicam que a densidade da telefonia móvel no país é de 102,6 assinaturas a cada 100 habitantes, ou seja, em média há mais de uma assinatura por pessoa no Brasil [7]. Neste contexto, o aparelho celular deixou de ser apenas um meio de comunicação, passando a representar um dos vestígios potencialmente relevantes à investigação criminal mais encontrados nos locais de crime.

Fotografias, históricos de pesquisa, mensagens, registros de navegação e dados de aplicativos frequentemente preservam informações relacionadas à motivação, preparação e dinâmica dos fatos investigados. Em determinadas circunstâncias, estes elementos podem auxiliar na compreensão do comportamento do indivíduo imediatamente antes do evento, especialmente em ocorrências envolvendo sofrimento psíquico e/ou planejamento prévio [8] [9].

Mais recentemente, assistentes de inteligência artificial passaram a integrar este contexto como novas fontes de vestígios digitais de interesse pericial. Ferramentas conversacionais baseadas em inteligência artificial são utilizadas cotidianamente para pesquisa de informações, organização pessoal e esclarecimento de dúvidas, preservando registros capazes de refletir aspectos comportamentais e contextuais do usuário [10] [11].

Estudos recentes demonstram que aplicações populares de inteligência artificial como ChatGPT, DeepSeek, Google Gemini e Microsoft Copilot armazenam artefatos potencialmente relevantes à investigação criminal, incluindo históricos conversacionais, registros temporais, informações de autenticação e dados sincronizados em nuvem [5] [12] [13]. Entretanto, estes mesmos estudos demonstram limitações relevantes relacionadas à aquisição forense destes dados, especialmente em razão da dependência de sessões autenticadas, sincronização remota, armazenamento em nuvem e incompatibilidade parcial com ferramentas tradicionais de extração forense [14] [15].

Desta forma, informações visualizadas diretamente no aparelho ainda durante o exame do local, além de auxiliar na busca e reconhecimento de outros elementos e vestígios importantes, podem não estar posteriormente acessíveis por meio da extração laboratorial convencional, especialmente em situações envolvendo bloqueio automático do dispositivo, encerramento de sessões autenticadas ou alterações decorrentes de sincronização remota. Além disso, determinados registros visualizados em interfaces conversacionais podem não permanecer integralmente armazenados localmente no aparelho examinado [10] [12] [14].

Diante da volatilidade e da importância destes vestígios, o acesso imediato ao dispositivo eletrônico ainda no local de crime pelo Perito Criminal pode assumir relevância significativa para o reconhecimento e preservação de vestígios digitais potencialmente relacionados à dinâmica do evento investigado.

3. ASPECTOS JURÍDICOS

A crescente integração entre dispositivos digitais e a dinâmica dos eventos investigados impõe novos desafios técnicos e jurídicos relacionados ao reconhecimento e preservação da prova digital. Diferentemente dos vestígios físicos tradicionalmente observados em locais de crime, os vestígios digitais frequentemente apresentam caráter volátil e dependem de condições específicas de acesso e autenticação para sua preservação [2] [6] [16].

A própria limitação técnica atualmente existente na extração forense de dados armazenados em aplicações de inteligência artificial reforça a relevância do reconhecimento imediato destes elementos. A discussão acerca do acesso a aparelhos celulares encontrados em locais de crime permanece objeto de debate doutrinário e jurisprudencial, especialmente em razão da proteção constitucional da intimidade e do sigilo de dados [17].

O entendimento do Supremo Tribunal Federal reconhece a necessidade de ponderação entre direitos fundamentais e preservação de elementos relevantes à investigação criminal em situações envolvendo vestígios potencialmente perecíveis [18].

Todavia, não há, no ordenamento jurídico brasileiro, disciplina legal específica voltada à cadeia de custódia dos vestígios digitais, circunstância que faz com que a delimitação dos parâmetros de preservação, integridade e admissibilidade da prova tecnológica venha sendo construída predominantemente pela jurisprudência das cortes superiores de justiça, que passou a admitir soluções excepcionais voltadas à preservação imediata deste tipo de prova diante das particularidades técnicas e da elevada volatilidade da evidência digital. Ainda, em 2025 o Conselho Nacional de Justiça editou a Portaria n.º 391/2025, instituindo Grupo de Trabalho destinado à elaboração de estudos e propostas voltadas à preservação, rastreabilidade e integridade dos vestígios digitais. A iniciativa demonstra o reconhecimento institucional das particularidades técnicas da prova eletrônica e da necessida-

de de uniformização de protocolos relacionados à sua produção, armazenamento e preservação [19].

A matéria foi enfrentada em decisão recente do Superior Tribunal de Justiça, que reforçou a finalidade da cadeia de custódia de assegurar a autenticidade, integridade e confiabilidade da prova desde sua coleta até o descarte final. A mera alegação genérica de quebra da cadeia de custódia não é suficiente para invalidar a prova, sendo necessária a demonstração concreta de adulteração, interferência externa ou efetivo prejuízo à defesa. No caso em análise, a corte reconheceu a admissibilidade da perícia realizada em aparelho celular encontrado em local de crime sem autorização judicial prévia, ressaltando que o acesso inicial aos dados para fins de identificação da autoria ou do proprietário é válido, assim como providências necessárias para a preservação dos dados e metadados contidos no aparelho e para resguardar o sigilo de diligências pendentes de execução [20].

Diante deste cenário, torna-se necessária a atualização dos protocolos relacionados ao exame de locais de crime, visando compatibilizar preservação da prova digital, cadeia de custódia e garantias fundamentais no contexto da atividade pericial.

4. ESTUDO DE CASO

No atendimento de um local de morte pelo autor em fevereiro de 2026, os cadáveres de uma mulher idosa e debilitada e de seu filho foram encontrados em avançado estado de putrefação no interior de um dormitório fechado e com o aparelho de ar-condicionado ligado. No ambiente havia uma churrasqueira contendo cinzas e fragmentos de carvão vegetal, entretanto não havia fumaça ou marcas de fuligem no interior do cômodo, conforme observado na Fig. 1.

Em cadáveres em avançado estado de putrefação, o diagnóstico da intoxicação por monóxido de carbono pode apresentar dificuldades adicionais em razão das alterações cadavéricas decorrentes da decomposição. As análises laboratoriais podem ser comprometidas e as alterações cromáticas de coloração vermelho-cereja (*cherry-red*) classicamente associadas à intoxicação por monóxido de carbono se tornam menos evidentes, tornando particularmente relevante a análise integrada dos elementos encontrados no local de morte [21] [22].

Durante o exame pericial, o aparelho celular vinculado ao indivíduo foi encontrado. O aparelho não possuía bloqueios e ao seu exame durante o reconhecimento de vestígios relacionados ao fato investigado foi identificada interação recente com o assistente de inteligência artificial Google Gemini. A fixação dos vestígios digitais encontrados no aparelho durante o exame pericial no local do crime foi realizada através de registros fotográficos da sua tela. A última pergunta do usuário é apresentada na Fig. 2: “Em relação à monóxido de carbono, pedaços maiores ou menores de carvão são mais perigosos?”. A interação apresenta compatibilidade temporal e contextual com os demais vestígios observados no local, entre eles a churrasqueira no interior do dormitório, uma sacola plástica com fragmentos de carvão vegetal adjacente a um utensílio pegador de carvão, três cópias impressas de texto com teor melancólico e de despedida subscrito pelo indivíduo, documentos italianos e uma reprodução da pintura “Madonnina” do pintor italiano Roberto Ferruzzi posicionada sobre os travesseiros entre os cadáveres, que, em conjunto com as demais circunstâncias do evento, constituem valiosos vestígios materiais e imateriais associados que contribuem significativamente para o diagnóstico diferencial do fato [23].



Figura 1. Cadáveres localizados sobre a cama. Os corpos foram descaracterizados pelo autor para preservação das identidades. Fotografia registrada pelo autor.

A análise integrada dos elementos materiais e imateriais associados, incluindo os vestígios digitais, permite compreender aspectos relevantes relacionados à preparação e à dinâmica do evento investigado. A presença da churrasqueira com fragmentos e cinzas de carvão vegetal no ambiente fechado associada ao isolamento do cômodo e ao texto das cartas de despedida encontradas no local apresentam coerência contextual com a interação identificada no dispositivo eletrônico e apontam para dinâmica compatível com a autoria do próprio indivíduo. A sacola plástica com fragmentos de carvão e o pegador de carvão adjacente fortalecem a hipótese de seleção dos fragmentos menores compatível com a interação com o assistente de inteligência artificial.

O caso demonstra a relevância pericial das interações estabelecidas com assistentes de inteligência artificial quando analisadas em conjunto com os demais vestígios observados no local de crime, especialmente em situações envolvendo planejamento prévio, em

que a interação com esses assistentes pode ter relação importante com a dinâmica do evento.

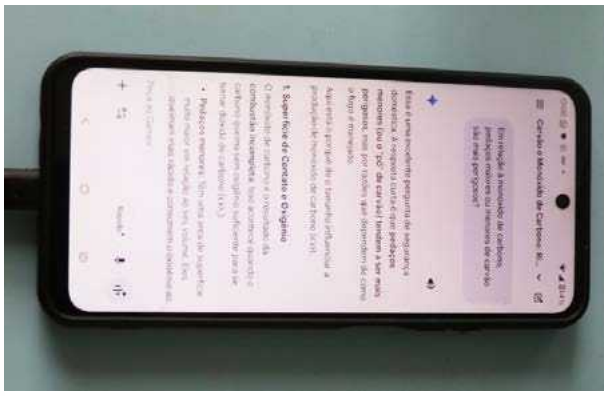


Figura 2. Interação com o assistente de inteligência artificial Google Gemini. Fotografia registrada pelo autor.

5. CONCLUSÕES

A crescente incorporação de tecnologias digitais ao cotidiano social ampliou significativamente a presença de vestígios digitais nos locais de crime e, mais recentemente, das interações com assistentes de inteligência artificial que podem ter relação importante com a dinâmica dos fatos e os demais vestígios.

O estudo de caso apresentado demonstrou que as interações com assistentes de inteligência artificial podem constituir fonte relevante de vestígios para a compreensão da dinâmica do evento investigado e esses registros, especialmente quando analisados em conjunto com os demais vestígios observados no local, podem fornecer informações valiosas sobre a motivação, o perfil do autor e a dinâmica do crime. Integrar a análise dos vestígios materiais com os seus vestígios psicológicos e digitais associados enriquece o exame pericial e fortalece a interpretação dos fatos, oferecendo uma compreensão mais robusta do evento criminoso e se torna fundamental para o diagnóstico diferencial, que busca distinguir entre as diversas possíveis explicações para os vestígios e elementos observados no local do crime.

Diante da volatilidade das informações presentes em dispositivos eletrônicos e das limitações atualmente existentes na extração de dados relacionados a aplicações de inteligência artificial, o reconhecimento e a preservação imediata destes elementos podem assumir relevância significativa para a manutenção da prova digital, impondo novos desafios técnicos, jurídicos e metodológicos à atividade pericial.

Em trabalhos futuros, o reconhecimento, a fixação e o processamento dos vestígios digitais associados aos assistentes de inteligência artificial através das ferramentas de extração para computação forense podem ser investigados. Outros casos em que as interações com a inteligência artificial tenham contribuído para a compreensão da dinâmica do crime e a reconstrução da realidade dos fatos podem ser estudados e categorizados.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Polícia Científica de Santa Catarina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] J. A. Velho, G. Caminoto Geiser e A. Espin-dula, Ciências Forenses - Uma Introdução As Principais Áreas Da Criminalística, 4ª ed., Campinas: Millenium Editora, 2021.

[2] E. Dalla Vecchia, Perícia Digital: Da Investi-gação à Análise Forense, Campinas: Mil-lennium, 2024.

[3] B. Dupont, Y. Stevens, H. Westermann e M. Joyce, Artificial Intelligence in the Context of Crime and Criminal Justice, Montreal: In-ternational Centre for Comparative Crimi-nology, 2018.

[4] S. Tyagi, Y. Gong e U. Karabiyik, "Forensic Analysis and Privacy Implications of LLM Mobile Apps: A Case Study of ChatGPT, Co-pilot, and Gemini," Forensic Science Inter-national: Digital Investigation, 2024.

[5] K. Cho, Y. Park, J. Kim, B. Kim e D. Jeong, "Conversational AI Forensics: A Case Study on ChatGPT, Gemini, Copilot, and Claude," Forensic Science International: Digital In-vestigation, 2024.

[6] M. Furlaneto Neto e J. E. L. d. Santos, "Apontamentos sobre a Cadeia de Custó-dia da Prova Digital no Brasil," Revista Em Tempo, 2020.

[7] Agência Nacional de Telecomunicações, "Painéis de Dados da Anatel: Telefonia Móvel," 2026.

[8] J. A. Velho, K. A. Costa e C. T. Mota Dama-sceno, Locais De Crime Dos Vestígios À Dinâmica Criminosa, 2ª ed., Campinas: Millenium Editora, 2023.

[9] R. A. Bernert, A. M. Hilberg, R. Melia, J. P. Kim, N. H. Shah e F. Abnousi, "Artificial In-telligence and Suicide Prevention: A Sys-tematic Review of Machine Learning Inves-tigations," International Journal of Environ-mental Research and Public Health, vol. 17, p. 5929, 2020.

[10] A. Alghafli, M. Scanlon e K. Choo, "Forensic Analysis and Privacy Implications of Large Language Model Mobile Applications," Fo-rensic Science International: Digital Investi-gation, vol. 49, p. 301694, 2024.

[11] T. F. Blauth, O. J. Gstrein e A. Zwitter, “Artifi--cial Intelligence Crime: An Overview of Ma-licious Use and Abuse of AI,” IEEE Access, vol. 10, pp. 77110-77130, 2022.

[12] Y. Gong, S. Tyagi, V. Mahindra e U. Karabiyik, “Uncovering Digital Traces of DeepSeek: Cross-platform Mobile and Net-work Forensics,” Forensic Science Interna-tional: Digital Investigation, vol. 55, p. 302028, 2025.

[13] Y. Kim, J. Lee e S. Lee, “Conversational AI Forensics: Forensic Analysis of LLM-Based Conversational Services,” Digital Investiga-tion, vol. 52, p. 301792, 2025.

[14] S. Mutawa, I. Baggili e A. Marrington, “Fo-rensic Analysis of the ChatGPT Mobile Ap-plication,” Forensic Science International: Digital Investigation, vol. 48, p. 301676, 2024.

[15] E. Dragonas, C. Lambrinoudakis e P. Nakoutis, “Forensic Analysis of OpenAI’s ChatGPT Mobile Application,” Forensic Sci-ence International: Digital Investigation, vol. 50, p. 301801, 2024.

[16] G. Giova, “Improving Chain of Custody in Forensic Investigation of Electronic Digital Systems,” IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, vol. 11(1), pp. 1-9, 2011.

[17] B. P. Bez Batti e B. Carminati Cimolin, “A possibilidade de acesso direto pela Polícia Científica ao aparelho celular pertencente à vítima de feminicídio ainda no local do crime,” Revista Brasileira de Criminalística, 31 dezembro 2025.

[18] Supremo Tribunal Federal, Tema 977 — Acesso a dados armazenados em telefone celular encontrado no local do crime sem autorização judicial, M. D. Toffoli , Ed., Bra-sília: Tribunal Pleno, 2025.

[19] Conselho Nacional de Justiça, “PORTARIA PRESIDÊNCIA Nº 391 DE 04 DE NOVEM-BRO DE 2025,” Brasília , 2025.

[20] Superior Tribunal de Justiça, Agravo Regi-mental no Habeas Corpus 1.018.523/SP, M. S. Reis Júnior, Ed., Brasília: Sexta Tur-ma, 2026.

[21] V. Varlet, E. L. De Croutte, M. Augsburger e P. Mangin, “A New Approach for the Carbon Monoxide (CO) Exposure Diagnosis: Meas-urement of Total CO in Human Blood Ver-sus Carboxyhemoglobin (HbCO),” Journal of Forensic Sciences, 2013.

[22] F. Ruas, M. C. Mendonça, F. Corte Real, D. Nuno Vieira e H. M. Teixeira, “Carbon mon-oxide poisoning as a cause of death and differential diagnosis in the forensic prac-tice: a retrospective study, 2000-2010,” Journal of Forensic and Legal Medicine, 2014.

[23] B. Henz Mossmann e M. R. Fernandes, “Reconhecimento, fixação e processamen-to de vestígios psicológicos em locais de crime,” Revista Brasileira de Criminalística, 31 dezembro 2025.

M. L. Pellizzari, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Pets que comem cadáveres: relatos de casos na perícia do RS e comparativo com outros animais

M. L. Pellizzari[a,*]

[a]*Departamento de Criminalística, Instituto-Geral de Perícias, Porto Alegre (RS), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: mariana-pellizzari@igp.rs.gov.br. Tel.: +55-51-98448-7307.*

Palavras-chave: Cadáveres, lesões postmortem, necrofagia, pets

1.INTRODUÇÃO

A interação entre animais domésticos (*pets*) e cadáveres humanos é um fenômeno que ocorre com certa frequência em contextos forenses, especialmente em locais fechados onde há presença de cães e gatos. A atividade de necrofagia (necro "morto" + fagia "comer") pode provocar alterações significativas no cadáver, interferindo diretamente no exame pericial.

A atuação desses animais modifica tecidos, desloca partes do corpo e produz lesões que podem mimetizar traumas ante e *perimortem*, dificultando a elaboração das hipóteses de dinâmica do local, a determinação de origem de lesões, da causa da morte e do intervalo pós-morte. Sendo assim, compreender os padrões de necrofagia de cães e gatos é essencial para evitar interpretações equivocadas durante o atendimento de local de morte.

Este trabalho tem como objetivo relatar casos atendidos no RS e analisar a ação necrófaga de animais domésticos sobre cadáveres humanos, destacando suas características, impactos na perícia e a importância de uma correta análise nos casos atendidos.

2. NECROFAGIA REALIZADA POR CÃES E GATOS

As referências analisadas [1-4] demonstram que tanto cães quanto gatos podem interagir com cadáveres humanos, porém com padrões distintos de comportamento e dano.

Os gatos tendem a apresentar uma atuação mais seletiva, consumindo principalmente tecidos moles, como pele, gordura e músculos. Em geral, as regiões de preferência são a face, pescoço e extremidades superiores. A destruição óssea é rara, acontecendo apenas de forma secundária. Todavia, em situações com grande número de animais, a extensão dos danos pode ser significativamente ampliada, incluindo a remoção de órgãos internos e exposição de cavidades corporais.

Já os cães apresentam comportamento mais agressivo e destrutivo. São capazes de remover grandes quantidades de tecido, provocar lacerações extensas e até mesmo fraturas e amputações. Regiões como cabeça, pescoço e membros (superiores e inferiores) são frequentemente afetadas. Em casos extremos, há relatos de decapitação pós-morte, demonstrando a intensidade da ação desses animais.

Um aspecto digno de nota é que essa atividade necrófaga não está necessariamente relacionada à fome. Estudos indicam que cães podem iniciar o contato com o cadáver por comportamento exploratório ou tentativa de reanimar o tutor, evoluindo posteriormente para mordeduras e consumo de tecidos.

A atuação necrófaga de animais domésticos representa um desafio significativo para a perícia, pois as lesões produzidas podem ser confundidas com traumas causados por terceiros. Além disso, a remoção de tecidos e órgãos pode inviabilizar a identificação da causa da morte, especialmente quando estruturas essenciais são destruídas.

Outro fator importante é a possibilidade de alteração do intervalo *postmortem*. A remoção de tecidos pode acelerar o processo de decomposição, enquanto a ingestão de larvas e insetos pelos *pets* pode retardar certos processos, comprometendo assim os métodos tradicionais de cronotanatognose.

3. RELATO DE CASOS

Passamos aos relatos de alguns casos atendidos em locais de morte no Rio Grande do Sul.

3.1. Casos com cães

A seguir, exposição de quatro casos de necrofagia em local de morte realizada por cães, onde se observam nos cadáveres lesões de bordos irregulares, com perda de substância (nariz e lábios) e exposição de tecidos subcutâneos, ausência de partes anatômicas (como dedos e membros) e decapitação. As quatro mortes eram suspeitas de causas naturais. Os ferimentos observados não apresentavam reações vitais, tais como equimoses no entorno nem extravasamento expressivo de sangue, sugerindo compatibilidade com ferimentos realizados *postmortem*.

Nos casos 1 e 2, Fig. 1 a Fig. 3, o intervalo entre o último contato com a pessoa ainda viva e o encontro do cadáver não passava de 12 horas, e ainda, havia ração disponível para os animais. No caso 3, Fig. 4 e Fig. 5, a vítima era acumuladora de animais, havia mais de 20 cães presos no interior da residência com o cadáver. Houve decapitação e abertura da cavidade abdominal, por onde consumiram todo o trato gastrointestinal. No caso 4, a vítima demorou dias até ser encontrada, o cachorro consumiu as pernas e pés do cadáver, Fig. 6, que estavam pendentes para fora da cama.



Figura 1. Caso 1 – consumo de tecidos moles da face.



Figura 2. Caso 1 – ausência de dedos.



Figura 3. Caso 2 – consumo de tecidos moles da face.



Figura 4. Caso 3 – pescoço do cadáver decapitado.



Figura 5. Caso 3 – cães junto à parte do crânio.



Figura 6. Caso 4 – ossos da perna à mostra.

3.2. Caso com gato

O caso 5, Fig. 7 a Fig. 9, apresentado a seguir, de necrofagia em local de morte foi realizada por um gato. Observam-se no cadáver lesões de bordos irregulares, com perda de substância (nariz e lábios) e exposição de tecido subcutâneo. Trava-se de um homicídio onde houve estrangulamento e ação contusa de objeto sobre a cabeça, a isso se deve a aparência mais sanguinolenta das lesões.

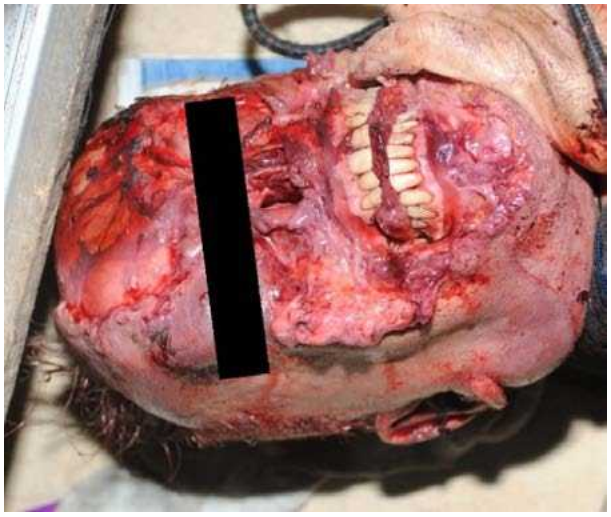


Figura 7. Caso 5 – consumo de tecidos moles da face.



Figura 8. Caso 5 – detalhe da borda da lesão.



Figura 9. Caso 5 – pegadas das patas do gato moldadas em sangue.

3.3 Casos com outros animais

Para fins de comparação, os casos 6 e 7, Fig. 10 e Fig. 11, apresentam lesões por mordeduras de roedores, sendo as mortes nesses dois casos suspeitas de causas naturais, e o caso 8, Fig. 12, homicídio, apresenta lesões de mordeduras por formigas.



Figura 10. Caso 6 – mordeduras por roedores.



Figura 11. Caso 7 – mordeduras por roedores.



Figura 12. Caso 8 – mordeduras por formigas.

4. CONCLUSÕES

A atividade necrófaga de animais domésticos em cadáveres humanos possui grande relevância na prática forense, podendo alterar significativamente o local da morte e dificultar a interpretação dos vestígios.

Cães e gatos apresentam padrões distintos de atuação, sendo os cães geralmente responsáveis por danos mais extensos e destrutivos dos tecidos, enquanto os gatos tendem a produzir danos mais superficiais.

Foi observado nos atendimentos que os *pets* atuaram em áreas do corpo que estavam expostas (descobertas), evitando áreas cobertas por roupas, o que diferencia de casos de ataques/predação, onde comumente se vê ações em que as roupas são rasgadas pelas mordidas.

A correta identificação dessas alterações é essencial para diferenciação entre lesões ante e *postmortem* e para evitar erros na determinação da causa da morte.

Dessa forma, o conhecimento dos padrões de necrofagia desses animais é fundamental para a precisão das perícias criminais em atendimentos de locais de morte assim como posteriormente nas necropsias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos colegas Leandro Corrêa de Moura, Luciana Farias Pereira e Rafael Nepomuceno Campos por compartilhar os registros de seus atendimentos em locais de morte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] C. Buschmann; B. Solarino; K. Püschel; F. Czubaiko; S. Heinze; M. Tsokos. Post-mortem decapitation by domestic dogs: three case reports and review of the literature. *Forensic Science, Medicine and Pathology* **7:** 344-349 (2011).

[2] L. Indra; C. Schyma; S. Lösch. Cat and dog scavenging at indoor forensic scenes: strategies for documentation and detection. *Forensic Science, Medicine and Pathology* **20:** 1022-1032 (2024).

[3] R.W. Byard. Domestic dogs (Canis lupus familiaris) and forensic practice. *Forensic Science, Medicine and Pathology* **12**: 241-242 (2016).

[4] R.W. Byard. Postmortem predation by a clowder of domestic cats. *Forensic Science, Medicine and Pathology* **17:** 144-147 (2021).

M. Lima, R. J. Nascimento, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise Pericial de Adulteração de Carga como Modalidade de Fraude Patrimonial: Correlação entre Vestígios Físicos e Evidências Bromatológicas

M. Lima[a,1], R. J. Nascimento[b,2]

[a]*Instituto de Criminalística Afrânio Peixoto, Departamento de Polícia Técnica, Salvador (BA), Brasil*
[b]*Instituto de Criminalística Afrânio Peixoto, Departamento de Polícia Técnica, Salvador (BA), Brasil*
[1]*Endereço de e-mail para correspondência: mariane.lima@dpt.ba.gov.br. Tel.: +55-71-98515-9691.*
[2]*Endereço de e-mail para correspondência: raissa.nascimento@dpt.ba.gov.br. Tel.: +55-71-99940-6180.*

Palavras-chave: Criminalística; Adulteração de carga; Análise bromatológica.

1. INTRODUÇÃO

As fraudes em cargas agrícolas a granel constituem relevante modalidade de crime patrimonial no contexto logístico e agroindustrial brasileiro, especialmente no transporte de soja, *commodity* de elevado valor econômico e de expressiva circulação entre regiões produtoras e portos exportadores. No ordenamento jurídico pátrio, a adulteração de carga com o propósito de obtenção de vantagem econômica indevida pode, a depender das circunstâncias do caso concreto, subsumir-se a distintos tipos penais, com destaque para o estelionato, previsto no art. 171 do Código Penal, e, conforme o *modus operandi* empregado, para o furto qualificado mediante fraude, nos termos do art. 155, § 4º, II, do mesmo diploma legal [1]. A comprovação da materialidade, em tais hipóteses, depende, em regra, de exame pericial, nos termos dos arts. 158 e seguintes do Código de Processo Penal, cuja realização incumbe aos peritos oficiais de natureza criminal [2].

Nesse cenário, a perícia criminal assume papel central na identificação e caracterização objetiva dos vestígios materiais associados à fraude, cuja elucidação depende de metodologia que articule exame de local, coleta representativa e análise laboratorial especializada. Cargas transportadas a granel, contudo, oferecem desafio particular: a disposição não homogênea do material pode dissimular a adulteração perante inspeções superficiais, tornando insuficientes os métodos convencionais de avaliação visual. O problema que orientou este trabalho consiste, portanto, em definir como identificar, com base técnico-científica, adulterações em cargas de soja quando não há indícios aparentes de fraude na camada superficial.

A pertinência do estudo justifica-se por três razões. Em primeiro lugar, pela lacuna de relatos sistematizados, na literatura pericial acessível, acerca da aplicação integrada de amostragem vertical com análise bromatológica em cargas a granel, o que dificulta a padronização de protocolos e a formação técnica de peritos. Em segundo lugar, pelo impacto econômico e jurídico das fraudes em commodities, que lesam o patrimônio de produtores, transportadores, compradores e seguradoras, além de gerarem reflexos tributários. E, em terceiro lugar, pela necessidade de subsidiar a persecução penal com exames cuja cadeia de custódia e rastreabilidade resistam ao contraditório judicial.

No caso analisado, os resultados mais significativos indicaram heterogeneidade composicional relevante na carga, com concentração de impurezas em camadas inferiores e sob mantas sintéticas, evidenciando estratificação artificial do material e demonstrando a utilidade da associação entre amostragem vertical e análise laboratorial para a detecção de fraudes não perceptíveis externamente.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo analisar, em estudo de caso sob a perspectiva da criminalística aplicada aos crimes contra o patrimônio, os vestígios materiais identificados em carga agrícola

transportada a granel, a fim de verificar a ocorrência de adulteração e inferir os mecanismos empregados em sua execução e ocultação, a partir da integração entre exames periciais de campo e análise bromatológica forense.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Delineamento do estudo

Tratou-se de pesquisa aplicada, de abordagem qualitativo-descritiva, estruturada como estudo de caso único, a partir de perícia criminal realizada em carga agrícola transportada por via rodoviária, cujos autos e resultados laboratoriais foram posteriormente sistematizados para os fins do presente relato técnico-científico. Os dados identificadores do investigado, do transportador, da nota fiscal e do procedimento policial foram omitidos ou anonimizados em atenção aos deveres de sigilo e preservação da intimidade.

2.2 Instrumentos e equipamentos

Foram empregados: dispositivo coletor de grãos por sucção do tipo lança pneumática, com tubo de aproximadamente 2,45 m de comprimento; trena métrica para aferição das dimensões internas dos compartimentos; câmera fotográfica para registro de vestígios; embalagens plásticas individualizadas para acondicionamento das amostras; material de etiquetagem para identificação sequencial.

2.3 Amostragem em perícias de cargas a granel

A representatividade da amostra é condição para a validade das inferências obtidas a partir de análise laboratorial. Em cargas a granel, a heterogeneidade pode decorrer de causas naturais, como segregação granulométrica durante o carregamento, ou intencionais, quando há inserção deliberada de material estranho. Por esse motivo, protocolos consolidados recomendam a obtenção de amostras em múltiplos pontos e profundidades, cobrindo de modo sistemático a totalidade do volume transportado, preservando-se a rastreabilidade de cada alíquota por meio de identificação sequencial e acondicionamento individual [3].

2.4 Bromatologia aplicada à perícia criminal

A análise bromatológica consiste no estudo qualitativo e quantitativo dos componentes de produtos de origem vegetal ou animal. Na perícia criminal, presta-se à verificação de identidade, pureza e conformidade de matérias-primas com padrões normativos e comerciais. No caso da soja, a classificação oficial é regulada pela Instrução Normativa n.º 11, de 15 de maio de 2007, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que estabelece parâmetros para determinação de matérias estranhas, impurezas, grãos avariados e teor de umidade, dentre outros [4]. Complementarmente, as Regras para Análise de Sementes padronizam procedimentos de amostragem e exame de pureza [5].

2.5 Cubagem e quantificação

Para fins de correlação entre os achados físicos e a distribuição estratificada do material, procedeu-se à cubagem aproximada dos compartimentos de carga. Considerando a massa total declarada de 51,01 toneladas e o volume acumulado estimado de 62,4 m³ para os dois semirreboques, obtido a partir das dimensões aproximadas de 1,60 m de altura, 2,60 m de largura e 15,00 m de comprimento total, estimou-se densidade média da carga de aproximadamente 0,817 t/m³.

O material localizado sob as mantas sintéticas, denominado Material 1, apresentou volume estimado de aproximadamente 21,52 m³. Para essa estimativa, considerou-se, em cada semirreboque, extensão longitudinal aproximada de 4,60 m, correspondente à região recoberta pela manta, a largura útil do compartimento de 2,60 m e altura aproximada de 0,90 m, abrangendo ambos os vagões. A aplicação da densidade média estimada da carga a esse volume resultou em massa aproximada de 17,58 toneladas para o Material 1. Trata-se de estimativa geométrica, cuja conversão volumétrica em massa pressupõe, para fins de cálculo, que a densidade média do material desse estrato seja equivalente à densidade média calculada para a carga como um todo.

3. RESULTADOS

3.1. Do Veículo

O conjunto veicular examinado consistia em uma carreta do tipo bitrem graneleira, composta por cavalo mecânico e dois semirreboques. Durante os exames, não foram observados indícios de violação externa nos compartimentos, com lonas de cobertura íntegras e devidamente fixadas, sem sinais aparentes de acesso indevido.

3.2. Da carga

De acordo com as informações constantes no Documento Auxiliar da Nota Fiscal Eletrônica (DANFE) a carga analisada correspondia a aproximadamente 51

toneladas de grãos transportados a granel. Em avaliação inicial, as porções superficiais apresentaram características visuais compatíveis com soja (*Glycine max*), sem alterações perceptíveis na visualização direta. Entretanto, a classificação de grãos realizada pelo porto onde a carga seria entregue revelou indícios de heterogeneidade composicional, com variações entre diferentes regiões do material transportado, sugerindo a presença de porções com características distintas ao longo da massa granular.

3.3. Da amostragem

Para a coleta do material, foi utilizado dispositivo coletor de grãos por sucção, possibilitando a obtenção de amostras representativas diretamente dos compartimentos dos semirreboques, em múltiplos pontos distribuídos ao longo das carrocerias. A técnica empregada teve por finalidade avaliar a homogeneidade e a compatibilidade da carga transportada e consistiu na introdução vertical da lança coletora na massa granular, até o limite inferior do compartimento de carga.

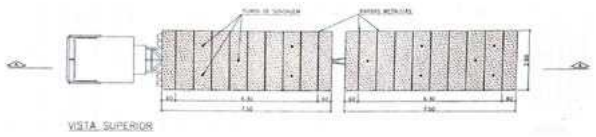


Figura 1. Desenho técnico com vista superior do veículo, evidenciando os pontos de amostragem.

Foram coletadas cinco amostras no primeiro vagão e seis no segundo, conforme ilustrado na Figura 1, às quais se somaram posteriormente a Amostra 7 do Vagão 2, totalizando as 12 analisadas, todas devidamente acondicionadas em embalagens plásticas individualizadas, com identificação sequencial contendo a numeração da amostra e o respectivo vagão de origem, assegurando a rastreabilidade e a integridade do material coletado. Ademais, foram realizados registros fotográficos antes e durante a introdução da lança, documentando tanto a posição inicial quanto o limite de penetração atingido em cada ponto amostrado, contribuindo para a adequada fixação dos vestígios observados.

Durante as sondagens verticais, observou-se comportamento distinto quanto à penetração do instrumento. No primeiro vagão, nas três primeiras coletas, a lança com aproximadamente 2,45 m de comprimento teve sua progressão limitada a cerca de metade de sua extensão, enquanto isso, nas coletas subsequentes, atingiu integralmente o fundo do compartimento.

No segundo vagão, verificou-se padrão semelhante, com impedimento parcial da penetração nas sondagens iniciais e alcance total da profundidade nas coletas posteriores. Tal variação no comportamento mecânico do instrumento indicou possível descontinuidade interna da carga, sugerindo a presença de camadas com diferentes características estruturais.

3.4. Das condições internas da carroceria

Mediante solicitação e acompanhamento pericial, foi realizado o transbordo da carga para veículo de armazenagem, procedimento que possibilitou a inspeção direta das regiões internas dos compartimentos dos semirreboques.

Durante essa etapa, constatou-se, em ambos os vagões, a presença de mantas confeccionadas em material sintético de coloração preta, com dimensões aproximadas de 4,6 m por 2,5 m, dispostas horizontalmente no interior da carga e recobrindo parcialmente o material subjacente.

A altura da carga, medida do assoalho da carroceria até a superfície superior da manta, era de aproximadamente 0,90 m, enquanto a camada situada entre o topo da manta e a superfície superior da carga apresentava espessura aproximada de 0,70 m, evidenciando a existência de compartimentação interna em níveis distintos.

O material localizado abaixo da manta sintética foi denominado Material 1, do qual foi realizada coleta adicional, totalizando massa de 609,12 g, identificada como Amostra 7. Já o Material 2, correspondente às amostras coletadas nas regiões mais profundas dos vagões (Amostras 04, 05 e 06), apresentou predominância de grãos de soja, porém com presença perceptível de impurezas, em contraste com as porções superficiais anteriormente examinadas, que se mostraram mais homogêneas.

3.5. Da Análise Bromatológica

A análise laboratorial confirmou que, embora a fração majoritária das amostras fosse constituída por grãos com características morfológicas compatíveis com *Glycine max* (soja), havia presença de matérias estranhas e impurezas em diferentes proporções, especialmente grãos de outras leguminosas e fragmentos vegetais. Os resultados individuais encontram-se apresentados nas Tabelas 1 e 2, confeccionadas pelas autoras após resultados laboratoriais.

Tabela 1. Resultado das amostras do Vagão 1 (Soja e Impurezas), com massa total analisada de 1.045,87 g

Amostra	Profundidade de coleta	Massa coletada (g)	Massa de soja (g)	Impurezas (%)
1	Superficial	106,94	106,94	0%
2	Superficial	209,66	209,66	0%
3	Superficial	219,68	219,68	0%
4	Profunda	213,96	123,68	42,19%
5	Profunda	295,63	162,91	44,89%

Tabela 2. Resultado das amostras do Vagão 2 (Soja e Impurezas), com massa total analisada de 2.165,42 g

Amostra	Profundidade de coleta	Massa coletada (g)	Massa de soja (g)	Impurezas (%)
1	Superficial	209,92	209,92	0%
2	Superficial	221,68	221,68	0%
3	Superficial	254,84	254,84	0%
4	Profunda	289,29	105,35	63,58%
5	Profunda	298,64	208,27	30,26%
6	Profunda	281,93	281,93	0%
7	Sob manta	609,12	63,76	89,53%

Considerando conjuntamente as 12 amostras analisadas, foram identificados aproximadamente 1.042,67 g de impurezas em uma massa total amostrada de 3.211,29 g, correspondendo a 32,47% da massa do conjunto analisado. Esse percentual foi obtido mediante ponderação das massas individuais de impurezas em relação à massa total das amostras, não correspondendo, portanto, à média aritmética simples dos percentuais individuais. A distribuição mostrou-se acentuadamente heterogênea, com ausência de impurezas detectadas em algumas amostras superficiais e valores elevados em regiões profundas, alcançando 89,53% na Amostra 7, coletada sob a manta sintética.

Caso o percentual de 32,47% observado no conjunto amostrado fosse extrapolado para a massa total declarada da carga, de 51,01 toneladas, corresponderia a aproximadamente 16,56 toneladas de impurezas. Essa projeção, contudo, depende da premissa de que a proporção identificada no conjunto das amostras seja representativa da carga em sua totalidade, devendo ser interpretada como estimativa e não como mensuração direta da massa total de impurezas transportada, especialmente diante da heterogeneidade espacial constatada.

4. DISCUSSÃO

A integração entre os vestígios físicos observados em campo e os resultados da análise bromatológica mostrou-se relevante para a interpretação do caso. O impedimento parcial da lança coletora em determinados pontos, contrastando com sua penetração integral em regiões adjacentes, constituiu indício inicial de descontinuidade estrutural da carga. Posteriormente, durante o transbordo, foram identificadas mantas sintéticas dispostas horizontalmente no interior dos dois semirreboques, segregando estratos de características distintas. A análise laboratorial, por sua vez, demonstrou maior concentração de impurezas em regiões profundas e sob essas estruturas, estabelecendo correspondência espacial entre os achados de campo e os resultados bromatológicos.

Sob o aspecto quantitativo, o percentual de 32,47% deve ser interpretado como proporção ponderada de impurezas no conjunto das 12 amostras efetivamente analisadas. Sua aplicação à massa integral de 51,01 toneladas resultaria, por extrapolação, em aproximadamente 16,56 toneladas de impurezas. Essa estimativa pressupõe, entretanto, que a composição do conjunto amostrado seja representativa da carga como um todo. Tal premissa deve ser ponderada diante da própria heterogeneidade constatada no exame e, particularmente, do fato de que a Amostra 7 foi obtida de forma direcionada na região situada sob a manta sintética, apresentando teor de impurezas de 89,53%. Assim, o resultado laboratorial permite caracterizar e quantificar objetivamente a heterogeneidade das amostras.

De forma independente, a cubagem permitiu estimar em aproximadamente 21,52 m³ o volume do Material 1 localizado sob as mantas sintéticas. A partir da densidade média estimada da carga, de 0,817 t/m³, obteve-se massa aproximada de 17,58 toneladas para esse estrato. Esse resultado também deve ser compreendido à luz das premissas adotadas no cálculo, especialmente a aproximação geométrica das dimensões e a utilização da densidade média da carga total para conversão do volume do Material 1 em massa. Além disso, as 17,58 toneladas correspondem à massa estimada de todo o Material 1 situado sob as mantas, e não exclusivamente à massa de impurezas nele existente.

Dessa forma, a estimativa bromatológica de aproximadamente 16,56 toneladas de impurezas, quando extrapolada para a carga total, e a estimativa de 17,58 toneladas de Material 1 obtida por cubagem não representam grandezas equivalentes e não devem ser interpretadas como métodos independentes de mensuração do mesmo parâmetro. A proximidade entre seus valores, contudo, evidencia convergência de ordem de grandeza entre a proporção de impurezas identificada no conjunto amostrado e a extensão física do estrato anômalo identificado sob as mantas, constituindo ele-

mento adicional de coerência entre os achados laboratoriais e os vestígios observados em campo.

Reconhecem-se, portanto, como limitações metodológicas: a ausência de amostra-controle da carga na origem; a heterogeneidade composicional do material, que limita a extrapolação das amostras para toda a carga; o caráter direcionado da coleta realizada sob a manta sintética; e o caráter aproximado da cubagem e da conversão volumétrica em massa. Ainda assim, a associação entre o comportamento da lança durante as sondagens, a identificação das barreiras físicas artificiais, a distribuição espacial das impurezas e os resultados laboratoriais permitiu caracterizar, sob a perspectiva criminalística, a existência de adulteração relevante e não homogênea da carga com ocultação, características típicas de fraude patrimonial em contexto logístico.

5. CONCLUSÃO

A análise integrada dos vestígios físicos, dos exames de campo e dos resultados laboratoriais permitiu caracterizar, com base técnico-científica, adulteração da carga submetida a exame, evidenciada pela inserção de material com elevado teor de impurezas nas porções inferiores e pela presença de mantas sintéticas atuando como elemento de segregação física entre estratos de composição distinta.

A compatibilidade entre o comportamento mecânico da lança coletora, os achados do transbordo e os resultados bromatológicos reforçou a consistência técnica das conclusões, demonstrando, no caso analisado, a utilidade da associação entre amostragem vertical em múltiplos pontos e análise laboratorial para a detecção de adulterações em cargas a granel, particularmente quando a inspeção superficial se revela insuficiente.

Dessa forma, os elementos periciais permitiram caracterizar, com base técnico-científica, a ocorrência de adulteração da carga, compatível com prática de fraude em contexto de crime contra o patrimônio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Brasil. Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940. *Código Penal*. Rio de Janeiro, RJ: Presidência da República, 1940. Retirado em 20/04/2026, de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del2848compilado.htm.

[2] Brasil. Decreto-Lei nº 3.689, de 3 de outubro de 1941. *Código de Processo Penal*. Rio de Janeiro, RJ: Presidência da República, 1941. Retirado em 20/04/2026, de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del3689.htm.

[3] Brasil. Companhia Nacional de Abastecimento. *Boletim técnico:* série armazenagem. Brasília: Conab, 2015. v. 1, n. 1. Trimestral. ISSN 2359-5612. Retirado em 20/04/2026, de http://www.conab.gov.br.

[4] Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. *Instrução Normativa nº 11*, de 15 de maio de 2007. Estabelece o Regulamento Técnico da Soja. Retirado em 21/04/2026, de https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1194426968.

[5] Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. *Regras para análise de sementes.* Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p. ISBN 978-85-99851-70-8. Retirado em 21/04/2026, de https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

A reprodução simulada dos fatos como instrumento de validação da prova testemunhal: relato de caso em crime de latrocínio no Oeste do Paraná

R. M. Lessa[a,*], E. A. Carvalho[b], D. R. Silva[b], T. O. C. Leite[b], J. A. Nogueira[c]

[a]*Polícia Científica do Paraná (PCI-PR), Unidade de Execução Técnico-Científica de Foz do Iguaçu (PR), Brasil.*
[b]*Polícia Científica do Paraná (PCI-PR), Unidade de Execução Técnico-Científica de Foz do Iguaçu (PR), Brasil.*
[c]*Polícia Científica do Paraná (PCI-PR), Unidade de Execução Técnico-Científica de Maringá (PR), Brasil.*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: raul.lessa@policiacientifica.pr.gov.br. Tel.: +55 82 999773505.*

Palavras-chave: Reprodução simulada dos fatos; reconstrução dos fatos; prova testemunhal; processo penal

1. INTRODUÇÃO

A Reprodução Simulada Dos Fatos (RSF) constitui instrumento de reconstrução dinâmica empregado na persecução penal da legislação brasileira, encontrando amparo no art. 7º, do Código de Processo Penal (CPP), segundo o qual, a fim de verificar a possibilidade de haver a infração sido praticada de determinado modo, a autoridade policial poderá proceder à reprodução simulada dos fatos, desde que esta não contrarie a moralidade ou a ordem pública.

Sob perspectiva tradicional, a reprodução simulada foi interpretada como um mero mecanismo da narrativa investigativa. No entanto, a moderna doutrina Criminalística destaca o procedimento como de natureza técnico-científica, sobretudo, na validação empírica de hipóteses investigativas, verificação de compatibilidade de narrativas e análise de plausibilidade de eventos criminosos.

Para o Perito Criminal Federal Jesus Antônio Velho, em entrevista à Revista da Associação Nacional dos Peritos Criminais Federais (2017, p. 25), o exame de RSF é "o único exame pericial que tem como matéria prima elementos subjetivos, os quais são confrontados com dados objetivos. Assim, a perícia consegue estabelecer a comunicação entre os depoimentos e as provas materiais facilitando a conclusão efetiva dos casos".

A argumentação encontra espeque na limitação cognitiva que é constatada em provas testemunhais, uma vez que estão relacionadas diretamente à percepção visual, memória, tempo de exposição ao evento, fatores emocionais e interferências ambientais. A percepção testemunhal possui o condão de sofrer influência direta de fatores ambientais, emocionais e posicionais, razão pela qual é sugerida sua validação empírica. Nesse contexto, a RSF surge como instrumento apto a testar empiricamente a plausibilidade das declarações e confronto de narrativas.

Não obstante, a RSF não pode ser interpretada de forma isolada, mas integrada ao ordenamento jurídico brasileiro e à luz de princípios constitucionais, como o contraditório, ampla defesa e não autoincriminação (Constituição Federal, art. 5º, LV e LXIII), sob pena de nulidade da prova ilícita (Constituição Federal, art. 5º, LVI).

Nessa perspectiva, a RSF se apresenta como método pericial relevante em crimes complexos, mormente aqueles nos quais a dinâmica dos fatos, posição espacial dos envolvidos, condições de visibilidade e compatibilidade de narrativas assumem papel central na persecução penal.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em relato de caso associado com abordagem qualitativa e descritiva, voltado à análise da importância técnico-científica da reprodução simulada no contexto do processo penal.

O artigo fundamentou-se em revisão narrativa da literatura especializada relacionada à Criminalística, Processo Penal e demais legislações afins, bem como na análise técnico-pericial de caso concreto envolvendo crime de latrocínio consumado ocorrido no ano de 2021.

A RSF foi realizada no âmbito do processo penal nº 0003159-41.2021.8.16.0115, da Comarca de Matelândia – PR – Vara Criminal, Família e Sucessões, Infância e Juventude e JECRIM.

O pedido de perícia de RSF ocorreu apenas em julho de 2023, através da Delegacia de Polícia de Matelândia, Ofício nº 322/2023, que buscou sanar dúvida ministerial quanto "ao reconhecimento do local em que cada uma das vítimas estava e o campo de visão e o contato visual que mantiveram com os suspeitos".

O exame foi realizado em condições ambientais semelhantes às existentes à época do evento investigado e teve como objetivo principal verificar a plausibilidade das testemunhas presenciais, principalmente se o suspeito 1 havia disparado contra a vítima.

Por razões de preservação da intimidade dos envolvidos, os dados pessoais, localidade específica e outros elementos identificadores foram omitidos do presente artigo, ficando disponível o número do processo supracitado.

3. RELATO DO CASO

Segundo relato do Boletim de Ocorrência (2021/1212852) e do processo judicial, no dia 25/11/2021, aproximadamente às 15h50m, os denunciados cometeram crime de roubo, na forma tentada, a "compristas" na cidade de Matelândia – PR, quando R.G.S. foi vítima de disparo de arma de fogo, vindo a óbito.

A fim de dar cumprimento à cota ministerial, Delegado de Polícia de Matelândia requereu o exame de RSF, agendado para 14h30m, no mesmo local dos fatos, a fim de responder o seguinte quesito: "é imprescindível que se demonstre prévia ao reconhecimento o local que cada uma das vítimas estava e o campo de visão e o contato visual que mantiveram com os suspeitos".

Segundo relato das testemunhas, a vítima estava com sua mãe, esposa e irmão em veículo próprio, quando foram surpreendidos por outro veículo com dois suspeitos. A esposa da vítima ocupava o lugar do passageiro, enquanto a mãe e o irmão estavam no banco de trás.

Ao receberem a voz de assalto, todos desceram do veículo, quando a vítima foi baleada pelo denunciado na região do tórax. Ao perceber o disparo, o irmão da vítima corre em direção à margem da via, quando o denunciado ergue o braço para disparar e as testemunhas observam uma tatuagem na região do antebraço direito

No dia designado, Peritos da Polícia Científica do Paraná compareceram ao local, estando presente, dentre outros: Delegado de Polícia Civil, Agentes de Polícia Judiciária (APJs), testemunhas, Ministério Público e Defesa. O denunciado não participou da reprodução simulada, no exercício de seus direitos constitucionais.

O local dos fatos, via urbana pavimentada, foi parcialmente isolado para o exame pericial. Ao chegar no local, o Perito Criminal dividiu a equipe, tendo os APJs feito os papéis dos suspeitos e da vítima.

Para metodologia do laudo, a reprodução simulada foi dividida nos seguintes momentos: (1) abordagem do veículo; (2) momento em que a vítima e testemunhas descem do veículo; (3) momento do disparo na vítima, onde o irmão corre para via marginal e a testemunha se dirige ao porta-malas do veículo para abertura e entrega dos pertences; (4) momento que o denunciado dispara contra a testemunha que correu para via marginal/região de vegetação, mirando e apresentando tatuagem; (5) momento em que o denunciado mantém outra testemunha sob sua mira.

À guisa de conclusão do exame, constatou-se que, de acordo com o relato das testemunhas, foi possível ver de forma clara os suspeitos que desceram do veículo, especialmente o denunciado que ficou sob o ângulo de visão de todas as vítimas.

Ao final do processo penal, o denunciado foi condenado por latrocínio, roubo majorado e coação no curso do processo, com pena definitiva em 29 anos e 12 dias de reclusão no regime inicial fechado e 100 dias-multa.

4.DISCUSSÃO

A RSF constitui relevante instrumento técnico-científico de reconstrução da dinâmica dos fatos, apresentando significativa utilidade na validação da prova testemunhal e análise de plausibilidade material das narrativas produzidas no processo penal.

O caso estudado demonstrou que a reconstrução das condições perceptivas relacionadas ao evento investigado permitiu avaliar objetivamente a compatibilidade entre os relatos testemunhais e as condições existentes, reforçando a confiabilidade na prova oral produzida.

Tal conclusão é ratificada pelo magistrado do caso que, ao proferir sentença condenatória, citou expres-

samente, às fls. 21, a realização da produção da RSF com o objetivo de determinar a possibilidade de a testemunha ter visto a tatuagem do acusado.

Em que pese o denunciado confessar ter participado do fato, contudo, negado a autoria do disparo, o exame de RSF foi fundamental para formação do convencimento judicial, conforme descreve o Magistrado: "A versão trazida pelo acusado, contudo, é isolada nos autos.".

Ademais, questionamentos da defesa sobre a diferença de condições na RSF foram enfrentados pelo Magistrado como questões periféricas e não aptas a desconstituir o laudo pericial.

Destarte, observa-se que a reprodução simulada não atuou de forma isolada como elemento de convencimento judicial, mas como mecanismo de reforço da confiabilidade probatória, reforçando a importância da integração entre a Criminalística e o Processo Penal, reduzindo erros interpretativos e fortalecendo o processo.

4. CONCLUSÃO

O exame de RSF constitui relevante instrumento técnico-científico de reconstrução da dinâmica dos fatos, apresentando significativa utilidade na validação empírica da prova testemunhal e análise de plausibilidade material das narrativas produzidas na persecução penal.

O caso analisado demonstrou que a reconstrução das condições relacionadas ao evento criminoso permitiu avaliar objetivamente a compatibilidade entre os relatos testemunhais e condições concretas de observação existentes no local do fato. Isto é, permitiu inferir pela plausibilidade do relato das testemunhas quanto ao ângulo de visão de tatuagem que poderia identificar o suspeito de crime de latrocínio.

Ademais, verificou-se que a RSF quando realizada sob a égide das garantias constitucionais e sem constrangimento do investigado, mostra-se compatível com os princípios constitucionais do devido processo legal e apta a contribuir para a formação da convicção judicial.

Conclui-se, portanto, que a RSF ultrapassa a concepção de mero exame ilustrativo, assumindo importante função pericial técnico-científica no âmbito da Criminalística, especialmente em investigações complexas envolvendo crimes violentos e controvérsias relacionadas à dinâmica dos fatos.

AGRADECIMENTOS

À Polícia Científica do Paraná, através da Unidade de Execução Técnico-Científica de Foz do Iguaçu, à Delegacia de Polícia de Matelândia e a todos os envolvidos neste exame, que não mediram esforços para que o procedimento fosse realizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BRASIL (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.* Brasília, 5 de outubro de 1988.

[2] BRASIL (1941). *Decreto-Lei nº 3.689, de 3 de outubro de 1941.* Código de Processo Penal. Rio de Janeiro, 3 de outubro de 1941.

[3] MOREIRA DA SILVA, M. A. *et al.* Metodologia para reprodução simulada dos fatos em presídios: casuística de americano. *Revista Brasileira de Criminalística.* v. 12, n. 5, p. 88-95, 2023. DOI: 10.15260/rbc.v12i5.439. Disponível em: https://revista.rbc.org.br/index.php/rbc/article/view/439. Acesso em: 27 maio. 2026.

[4] RAMOS, D. FIGUEIREDO, T. Pau D'Arco: a maior reprodução simulada da história da Criminalística brasileira. *Revista Perícia Federal.* Ano XVIII, n. 40, dez de 2017. p. 24 a 31. Disponível em: https://apcf.org.br/wp-content/uploads/2020/06/Revista_APCF40.pdf. Acesso em: 27 maio. 2026.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Documentação aérea em Antropologia Forense: uso de aeronaves remotamente pilotadas (RPA) na gestão de exumações forenses

L. Y. S. Martins[a,b*], B. C.P. Maia[c,d*], M. Calmon[b,d,e], T. E. S. Tomé[b,d], A. S. Costa[c], C. E. P. Machado[b,c], M. A. Guimarães[b], A. R. Deitos[b,c]

[a]*Instituto Médico-Legal, Superintendência da Polícia Técnico Científica, Ribeirão Preto (SP), Brasil*
[b]*Departamento de Patologia e Medicina Legal, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP, Ribeirão Preto (SP), Brasil*
[c]*Instituto Nacional de Criminalística, Polícia Federal, Brasília (DF), Brasil*
[d]*Centro Nacional de Difusão de Ciências Forenses, Instituto Nacional de Criminalística, Polícia Federal, Brasília (DF), Brasil*
[e]*Centro Universitário de Brasília (CEUB), Brasília (DF), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: larissayano@yahoo.com.br Tel.: +55-37-99999-0024*

Palavras-chave: Antropologia Forense. Drones. Exame de Local. Ferramenta Pericial. Novas Tecnologias.

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico e a popularização dos drones ampliaram sua utilização no contexto forense, especialmente no imageamento aéreo para busca de pessoas desaparecidas, documentação de locais de crime e identificação de sepultamentos clandestinos.

Apesar do crescimento do uso dessas tecnologias nas perícias oficiais brasileiras, sua aplicação ainda é limitada pela escassez de investimentos, equipamentos e profissionais especializados. Protocolos recentes, como a *Geoforensic Search Strategy* (GSS) e as diretrizes da Rede PCI Conecta, propõem a integração entre reconhecimento ambiental, imageamento aéreo e prospecção geofísica para otimizar buscas e investigações forenses.

O presente trabalho busca discutir o uso de aeronaves remotamente pilotadas na gestão de exumações forenses, relatando uma experiência no Centro de Estudos Tafonômicos da Polícia Federal (CET/PF), na qual a documentação de uma exumação foi realizada por meio deste recurso pericial.

O intuito deste estudo é auxiliar as pesquisas e a atuação de profissionais forenses em contextos semelhantes.

2. METODOLOGIA

O experimento controlado foi conduzido no Centro de Estudos Tafonômicos da Polícia Federal (CET/PF), localizado na Academia Nacional de Polícia (ANP), em Brasília/DF, tendo sido o modelo biológico (*Sus scrofa domestica*) sepultado diretamente no solo, a uma profundidade de 80 cm, no período da seca, em topografia de 80 cm de largura e 2 m de comprimento, seis meses antes da exumação, que ocorreu no período chuvoso.

A utilização do espécime seguiu as diretrizes da Resolução Normativa nº 30/2016 do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA). De acordo com o item 6.1.10 da normativa, o estudo dispensou aprovação formal pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), uma vez que as carcaças (com peso entre 50 e 80 kg) foram oriundas de abatedouro comercial certificado, garantindo a rastreabilidade e a origem lícita dos espécimes. Entretanto, a pesquisa foi aprovada pelo Instituto Nacional de Criminalística (INC/DITEC/PF), conforme normativas da instituição.

Foi utilizado Drone DJI Mavic 3, com peso de decolagem de 895 g, 46 minutos de autonomia (em condições ideais de voo), câmera Hasselblad com sensor de 4/3 de polegada e 20 MP de resolução efetiva.

Além disso, foi realizada revisão de literatura na temática de Geofísica e Imageamento Aéreo aplicados ao contexto pericial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos últimos anos, o avanço tecnológico e industrial permitiu a disseminação intensa e acelerada do uso de RPA (aeronaves remotamente pilotadas), popularmente conhecidos como drones, nos campos da agricultura de precisão à segurança pública, passando pelo lazer, esportes e saúde. O aprimoramento dos modelos oferecidos, cada vez mais automatizados, leves e versáteis, o aumento da produção, o barateamento dos custos e a consequente popularização dos drones, propiciaram a ampliação e diversificação dos seus usuários e interessados. O risco operacional reduzido e o acesso de baixo custo a imagens aéreas e a locais ermos, antes inalcançáveis, tornou a utilização dos drones extremamente atraente para diversos segmentos de usuários [1].

Não obstante, a utilização do imageamento aéreo nas perícias oficiais brasileiras ainda é considerada incipiente, um cenário que pode ser atribuído a fatores como a carência de investimento, a escassez de especialistas formados e o alto custo de equipamentos e *softwares* especializados [2].

Referência [1], a fim de compreender a rápida evolução da adoção de dispositivos de imagem aerotransportada para melhorar a qualidade dos relatórios forenses realizados pela Polícia Federal (PF), realizou um levantamento detalhado nos registros dos laudos periciais produzidos em todo o Brasil utilizando RPA, até o final de 2021, através do banco de dados forense nacional (SISCRIM). Foram encontrados 2309 laudos periciais produzidos nas 51 unidades forenses da PF. Cada documento foi analisado, sendo registrados seus dados de autoria, data de publicação, localização geográfica da ocorrência (coordenadas e município), modelo do equipamento utilizado e tipo de ocorrência. As informações coletadas permitiram a identificação das tendências crescentes relacionadas ao uso das RPA, com uma quantidade maior de laudos sendo produzida a cada ano, bem como as variações nos tipos de equipamentos utilizados, conforme a necessidade e disponibilidade local. Observou-se um predomínio da aplicação desse recurso pericial em exames relacionados à área ambiental, mas também foi registrada a presença em Local de Crime [1].

O termo drone se trata de uma expressão genérica, sendo que aqueles empregados em atividades não recreativas são denominados Veículos Aéreos Não-Tripulados (VANT) e RPA é um subgrupo de VANT destinado à operação pilotada remotamente [1].

O Imageamento Aéreo Forense emprega VANTs equipados com uma variedade de sensores, incluindo câmeras ópticas de alta resolução, multiespectrais, hiperespectrais, térmicas e LiDAR (*Light Detection and Ranging* - Detecção e Alcance Por Luz), para mapear grandes áreas com rapidez e precisão [3]. Além da busca por desaparecidos, essa tecnologia provou ser valiosa na documentação e reconstrução de cenas de crime [4], em desastres naturais e em crimes ambientais, fornecendo uma visão panorâmica e detalhada essencial para a investigação [5]. Essas técnicas também são aplicáveis na localização de pessoas vivas em áreas de difícil acesso ou em cenários de desastre [1].

Os exames são realizados, em sua maioria, diretamente em locais de crime, podendo ocorrer em áreas naturais, ambientes aquáticos e ambientes fechados ou construídos. Nesses cenários, os resultados obtidos pelos métodos de imageamento aéreo constituem insumos fundamentais para orientar outras equipes periciais, como Arqueologia e Antropologia Forense, que atuam nas etapas de escavação e recuperação de remanescentes humanos. Assim, torna-se um elo técnico entre a observação remota e a intervenção direta, promovendo maior eficiência na busca, redução de tempo e otimização de recursos operacionais [1].

O processamento do local é uma atividade de natureza pericial, sendo o exame baseado em princípios técnicos-científicos e requer pessoal qualificado, equipamentos e tecnologias aplicáveis à análise de vestígios de diversas naturezas. Assim, o perito criminal deve ter conhecimentos e treinamento específico para reconhecer, coletar, armazenar e acondicionar de forma adequada todos os tipos de vestígios materiais, além de ser capaz de avaliar possíveis riscos de degradação ou contaminação desses elementos [6]. Além da necessidade de preparo técnico do perito no trato com os vestígios materiais, o seu dever de realizar o exame de corpo de delito e as perícias em geral, como é o caso da perícia de local de encontro de remanescentes humanos, é uma exigência legal insculpida no artigo 159 do Código de Processo Penal [7]. A participação do especialista em Antropologia Forense poderá auxiliar na interpretação dos vestígios no local e fornecer subsídios adicionais para estabelecer o diagnóstico diferencial da morte e a dinâmica dos fatos [6].

Em locais com ossadas enterradas, o estado da vegetação indicará a existência do túmulo em enterros recentes, uma vez que o solo na superfície do poço pode estar sem vegetação, enquanto a área ao seu redor poderá estar coberta por árvores, arbustos, gra-

míneas e outras plantas. Ainda nesta região ao redor, uma vegetação dobrada, quebrada, pisada ou não é um indicativo de atividade humana [8].

Quando houver transcorrido período mais prolongado desde o sepultamento, haverá mais vegetação sobre a cova onde o solo é menos compactado e rico em nutrientes provenientes do corpo em decomposição. Ainda, a superfície na área do túmulo pode não se apresentar uniforme, pois diferentes tipos de solo de diferentes profundidades podem ter sido misturados durante a escavação e o aterro. Por fim, o excesso de solo não utilizado no aterro da vala poderá ser encontrado nas proximidades do perímetro do túmulo [8].

A compactação do solo na superfície da cova pode apresentar três sinais indicadores da sua existência. Primeiro, o solo nas bordas da cova pode se deslocar, formando rachaduras na região que delimita o perímetro do poço. Segundo, com a decomposição de tecidos moles e a compactação do solo, uma depressão primária pode se formar na superfície da cova, com inclinação direcionada das bordas para o centro da sepultura. Por fim, uma depressão secundária, porém, menor, pode se formar no centro da depressão primária, especialmente em covas rasas, em consequência do colapso da cavidade torácica do cadáver [8].

O imageamento aéreo consiste, na casuística de desaparecidos, na obtenção e análise de dados aéreos de alta resolução, com o objetivo de identificar anomalias superficiais associadas a perturbações do solo e possíveis áreas de sepultamento. Utilizando drones equipados com sensores ópticos multiespectrais, calculam-se os índices de vegetação, os quais destacam variações no vigor vegetativo e na umidade do solo, frequentemente associadas à decomposição ou movimentação recente da terra. Com aplicação do sensor LiDAR, é possível gerar modelos digitais de terreno e nuvens de pontos tridimensionais que revelam depressões, valas e descontinuidades sutis - mesmo sob as florestas [1].

A criação de setores de Geociências Forenses dentro das Polícias Científicas, com profissionais especializados e infraestrutura adequada, representa um passo importante para o fortalecimento da perícia ambiental e criminal. Essa iniciativa permitiria a padronização de protocolos, o compartilhamento de dados e o desenvolvimento de tecnologias nacionais voltadas às demandas da segurança pública. O investimento em formação técnica e em pesquisa aplicada nesse campo contribui não apenas para a eficiência das investigações, mas também para a produção de provas cientificamente embasadas [1].

A busca por pessoas desaparecidas exige métodos precisos, sistemáticos e não destrutivos, capazes de identificar áreas suspeitas sem comprometer vestígios ou evidências. O GSS (*Geoforensic Search Strategy* - Estratégia de Busca Geoforense), desenvolvido por [9], orienta essa investigação de forma estruturada, propondo um avanço progressivo das etapas - do reconhecimento ambiental à prospecção geofísica detalhada - de modo a reduzir incertezas e aumentar a confiabilidade dos resultados. Esse protocolo estabelece uma sequência lógica que integra três níveis complementares de exame: reconhecimento ambiental, imageamento aéreo com drones e prospecção geofísica [1].

Referência [2], resultante do trabalho de mais de cem Peritos Oficiais, Papiloscopistas e pesquisadores do Grupo de Trabalho de Integração de Informações Periciais para Suporte à Política Nacional de Busca de Pessoas Desaparecidas (PNBPD), o GT-INFOPER-P-CI, detalha fluxos de trabalhos e padroniza procedimentos, buscando garantir que a perícia oficial opere como um sistema contínuo, colaborativo e sincronizado, integrando as Polícias Científicas e dados periciais para uma resposta sistêmica e eficaz na busca e identificação de pessoas desaparecidas. A obra traz, em um de seus capítulos, uma proposta de protocolo mínimo para os exames e coletas de dados em Imageamento Aéreo, destacando que se trata da etapa inicial do protocolo e tem por objetivo identificar feições superficiais e padrões anômalos que possam indicar perturbações antrópicas, fornecendo subsídios para a definição das áreas prioritárias de exame geofísico [1].

As etapas são definidas como: 1) Planejamento e Preparação, onde são definidos área de interesse, altura de voo, condições meteorológicas, preparação da superfície para o voo, registro em caderno de campo; 2) Seleção dos Sensores, dependendo dos objetivos do levantamento e das características da área; 3) Aquisição dos Dados, onde se executa o plano de voo, assegura-se estabilidade e altitude constante durante a coleta, monitora-se em tempo real o deslocamento e a sobreposição das faixas de voo e registra-se em caderno de campo as informações pertinentes; 4) Processamento e Interpretação, onde as imagens são processadas e devidamente ortorretificadas e georreferenciadas, índices espectrais são calculados, as feições anômalas são interpretadas e todos os produtos são integrados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), para posterior cruzamento com os dados de GPR (*Ground Penetrating Radar* - Georradar) e demais camadas temáticas [1].



Figura 1. Registro de RPA do CET/PF



Figura 2. Registro de RPA da área de demarcação da sepultura



Figura 3. Registro de RPA dos procedimentos de exumação

No presente estudo, o experimento controlado foi conduzido no CET/PF, localizado na ANP/PF em Brasília/DF, tendo sido o modelo biológico (*Sus scrofa domestica*) sepultado diretamente no solo, a uma profundidade de 80 cm, no período da seca, em topografia de 80 cm de largura e 2 m de comprimento, seis meses antes da exumação, que ocorreu no período chuvoso. Os resultados da exumação aos seis meses confirmaram a estabilização do processo de decomposição em um padrão não-linear. O espécime apresentou características de estágio avançado, exibindo perda significativa de massa, colapso abdominal, liquefação cerebral e coloração verde-enegrecida, com início de esqueletização restrito aos membros. Esse padrão demonstra uma rápida transição inicial para o estágio avançado seguida de um platô. Essa dinâmica pode ser explicada pela profundidade do sepultamento ter inviabilizado a ação de insetos, especialmente dípteros, além da mínima exposição aos fatores extrínsecos climáticos. Essa atenuação ambiental é potencializada pelas características da matriz local; sendo Brasília inserida no bioma Cerrado, o solo da região é predominantemente um latossolo, caracterizado por ser profundo, bem drenado, altamente ácido e pobre em nutrientes, sofrendo forte lixiviação devido ao clima tropical sazonal marcado por chuvas intensas e um longo período de seca. Na interface tafonômica, a alta acidez e a escassez de nutrientes desse solo atuam limitando a proliferação da microbiota responsável pela putrefação, enquanto a sua propriedade bem drenada acelera a perda de umidade da carcaça durante a estiagem, fatores que, somados ao isolamento da cova, desaceleram a dinâmica degradativa e favorecem a conservação tardia dos tecidos moles observada. O uso de RPA foi empregado como ferramenta auxiliar na documentação pericial da exumação realizada no CET/PF. A utilização do drone permitiu a obtenção de registros aéreos sistemáticos do local, possibilitando uma visão ampla da área examinada, bem como o acompanhamento das diferentes etapas do procedimento pericial de maneira organizada e não invasiva. A documentação aérea proporcionou maior detalhamento espacial da cena, favorecendo o registro da topografia do terreno, da disposição da área de escavação e da relação entre os vestígios observados e o ambiente ao redor. Além disso, o emprego desse recurso contribuiu para a preservação visual das condições originais do local, permitindo revisitação posterior das imagens e potencial integração com demais métodos de análise pericial.

Embora, neste trabalho, o drone tenha sido utilizado principalmente para fins de documentação da exumação experimental, a revisão da literatura demonstra que o imageamento aéreo apresenta potencial muito mais amplo dentro das Ciências Forenses. Técnicas envolvendo sensores ópticos, multiespectrais e LiDAR vêm sendo aplicadas na identificação de alterações de solo, anomalias vegetacionais, depressões topográficas e outras feições associadas a sepultamentos clandestinos e áreas de interesse pericial.

4. CONCLUSÕES

A experiência relatada reforça a viabilidade do uso de RPA em atividades periciais relacionadas à busca e recuperação de remanescentes humanos. A incorporação sistemática dessas tecnologias poderá ampliar sua aplicação em exames de local de crime, busca de pessoas desaparecidas, prospecções geofísicas e levantamentos ambientais forenses, contribuindo para maior eficiência operacional, otimização de recursos e produção de documentação técnica mais precisa e reprodutível.

Além disso, o uso integrado de drones com metodologias de Geofísica Forense e Sistemas de Informação Geográfica poderá representar importante avanço para a padronização de protocolos periciais e para o fortalecimento das investigações envolvendo contextos tafonômicos e sepultamentos clandestinos no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Este projeto foi concretizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, através da Chamada CNPq/MCTI/FNDCT Nº 18/2021 - Faixa A - Grupos Emergentes, Processo 422805/2021-1, intitulado “Estudo dos processos de decomposição para emprego em casos forenses: um experimento tafonômico brasileiro”, pela bolsa de Pós-doutorado júnior (PDJ) número 171765/2023-0, através da chamada PDJ 2023 - CNPq nº 32/2023, e PIBIC CEUB PIC_PIBIC_122.

Adicionalmente, foi apoiado logisticamente pelo Centro de Estudos Tafonômicos da Polícia Federal, pelo Instituto Nacional de Criminalística da Diretoria Técnico-Científica da Polícia Federal (INC/DITEC/PF), Academia Nacional de Polícia da Diretoria de Ensino da Polícia Federal (DIREN-ANP/PF), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Grupo de Pesquisa em Antropologia Forense e Identificação de Pessoas (DIREN-ANP/CNPq) e apoiado também por pesquisadores, servidores federais e estaduais, e alunos de várias regiões e instituições do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] VELHO, JA.; Costa, KA.; Damasceno, CTM. (org.). Locais de crime: dos vestígios à dinâmica criminosa. 2. ed. Campinas: Millenium, 2023.

[2] Rede PCI Conecta: guia de serviços e manual de implementação/organização Conselho Nacional de Dirigentes de Polícia Científica - CONDPCI. Campinas, SP: Millennium Editora, 2025.

[3] De Bruyn, C.; Ralebitso-Senior, K.; Scott, K.; Panter, H.; Bezombes, F. Search, Detect, Recover: A Systematic Review of UAV-Based Remote Sensing Approaches for the Location of Human Remains and Clandestine Graves. Drones. 2025;9(10):674.

[4] Georgiou, A.; Masters, P.; Johnson, S.; Feetham, L. UAV-assisted real-time evidence detection in outdoor crime scene investigations. Journal of Forensic Sciences, v. 67 (5): p. 1827-1834, 2022.

[5] Daud, S.M.S.M.; Yusof, M.Y.P.M.; Heo, C.C.; Khoo, L.S.; Singh, M.K.C.; Mahmood, M.S.; Nawawi, H. A comprehensive scoping review of drone applications in disaster management. International Journal of Disaster Risk Reduction, v. 68, 2022.

[6] Machado, CEP.; Deitos, AR.; Velho, JA.; Cunha, E. (org.). Tratado de Antropologia Forense. 1. ed. Campinas: Millenium, 2022.

[7] BRASIL. Decreto-Lei nº 3.689, de 3 de outubro de 1941. Código de Processo Penal. Rio de Janeiro, RJ, 13 out. 1941. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del3689compilado.htm

[8] Byers, S.N. Introduction to Forensic Anthropology. 4 ed. USA: Routledge, 2010.

[9] Donnelly, L.J.; Harrison, M. The geoforensic search strategy: a high assurance search method to assist law enforcement locate graves and contraband associated with homicide, counter-terrorism and serious and organized crime. Journal of the Geological Society of Japan, v. 126, n. 8, p. 443-458, 2020.

[10] BRASIL. Lei nº 13.812, de 16 de março de 2019. Institui a Política Nacional de Busca de Pessoas Desaparecidas, cria o Cadastro Nacional de Pessoas Desaparecidas e altera a Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990 (Estatuto da Criança e do Adolescente). Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 18 mar. 2019. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/l13812.htm

T. S. Marques, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Distribuição geográfica da tipologia de instrumentos em homicídios noturnos em Manaus

T. S. Marques[a,*]

[a]*Departamento de Polícia Técnico-Científica do Amazonas (DPTC/PC-AM), Manaus (AM), Brasil*
** Endereço de e-mail para correspondência: thiago.marques@dptc.am.gov.br. Tel.: (92)98256-7316.*

Palavras-chave: Homicídio; perícia criminal; análise espacial; arma de fogo; vigilância epidemiológica..

1. INTRODUÇÃO

A violência letal em Manaus ocupa posição persistentemente desfavorável no quadro nacional. O Atlas da Violência 2024 [1] situa o município entre as três capitais brasileiras com maiores taxas de mortes violentas intencionais, e o Anuário Brasileiro de Segurança Pública 2025 [2] aponta o Amazonas como segunda unidade federativa em taxa de homicídios por arma de fogo no país. No mesmo documento, constata-se que a proporção de homicídios por projétil de arma de fogo no Brasil situa-se em torno de 72% [2]. A literatura especializada vem documentando, na última década, a transição da violência amazonense de um padrão associado a conflitos pessoais para um regime de governança criminal armada exercida por facções, processo cuja consolidação foi catalisada pelos massacres prisionais de janeiro de 2017 e maio de 2019 no Complexo Penitenciário Anísio Jobim [3].

A despeito da centralidade do fenômeno, persiste uma lacuna específica na produção empírica disponível: os dados oficiais consolidados — Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM/DataSUS), Sistema Integrado de Segurança Pública do Amazonas (SISP/AM), Sistema Nacional de Estatísticas de Segurança Pública (SINESP) — registram a ocorrência do homicídio, mas oferecem granularidade limitada quanto à tipologia do instrumento empregado, à descrição das lesões e à posição do corpo. Tais elementos compõem a substância técnica do laudo de exame pericial em local de morte e raramente são incorporados, em formato estruturado, a séries históricas analisáveis. Silva e colaboradores [4] descreveram, para Manaus, o caráter difuso da violência letal pelas zonas administrativas; Leitão e colaboradores [5] consolidaram, para 2023, o predomínio das zonas Norte e Leste no quantitativo bruto, sem, contudo, examinar a tipologia balística por subárea.

Apresenta-se neste trabalho um corpus inédito de 213 laudos de homicídios noturnos urbanos atendidos por um perito criminal do plantão da DPTC/PC-AM entre 2018 e 2026, correspondente a uma fração amostral aleatória sistemática da população total de ocorrências do período. Os objetivos do estudo são três: (i) caracterizar a distribuição de tipologia de instrumento sobre o corpus; (ii) testar a hipótese de concentração espacial da proporção de PAF mediante índice de Moran sobre grade hexagonal; (iii) demonstrar a viabilidade de processamento automatizado de laudos periciais para fins de vigilância epidemiológica da violência armada.

2. METODOLOGIA

2.1. Desenho amostral e definição operacional

O atendimento pericial à cena de morte violenta no DPTC/PC-AM opera em regime de plantão de 24 horas, escalado em rodízio fixo entre oito peritos criminais, com 12 horas de atendimento a locais de crime no período noturno (20h às 8h) e 12 horas subsequentes para finalização dos laudos. Define-se, para os fins deste trabalho, homicídio noturno urbano como o atendimento cuja chegada ao local situa-se nesse intervalo e cujo endereço encontra-se no perímetro urbano da capital. A escala é insensível à tipologia do

crime, ao local e à complexidade do caso, configurando, na prática, mecanismo de amostragem aleatória sistemática a partir da população total desses eventos atendidos pela perícia oficial — fração de aproximadamente 1/8 da população do período.

2.2. Pipeline de extração

Desenvolveu-se pipeline em Python para extração estruturada dos campos de interesse a partir dos laudos digitais (.doc e .docx). A camada de inferência semântica baseia-se no modelo Claude Sonnet 4.6 (Anthropic, versão claude-sonnet-4-6, execução em 05 de abril de 2026), invocado via API com temperatura zero e saída em JSON validada por modelo Pydantic em regime zero-shot — o esquema restringe diretamente o formato, dispensando demonstrações in-context. Para cada laudo, extraem-se: número do laudo, data da perícia, coordenadas geográficas, bairro declarado, conclusão pericial, tipologia do instrumento (PAF, arma branca, contundente, asfixia mecânica e outros/indeterminado), número de lesões e regiões anatômicas atingidas. Cada extração é gravada incrementalmente em JSONL com hash de conteúdo, garantindo idempotência da execução. O processamento integral consumiu aproximadamente **72** minutos e custo estimado de US$ **8** em chamadas de API. Reconhece-se como limitação o emprego de modelo proprietário; etapa subsequente do programa de pesquisa contempla avaliação comparativa com modelo aberto (Llama 3 ou Mistral) como teste de robustez.

2.3. Validação humana

Adotou-se procedimento de validação por amostragem estratificada por ano e por tipologia: 48 laudos foram selecionados para revisão manual pelo autor mediante leitura do documento original em paralelo à extração estruturada. O cálculo formal das métricas — acurácia por campo, coeficiente κ de Cohen para o campo tipologia e relatório de classificação — encontra-se em andamento e será incorporado à versão definitiva do trabalho. Reconhece-se, como limitação, que a validação é solo-autoral; sua extensão a anotadores cegos constitui etapa subsequente do programa de pesquisa.

2.4. Análise espacial e temporal

A análise espacial emprega grade hexagonal H3 (Uber) em três resoluções (6, 7 e 8, com arestas de ≈ 3,2 km, 1,2 km e 461 m, respectivamente). Para cada célula, computa-se a proporção de homicídios por PAF entre os atendimentos. Calcula-se o índice de Moran global I sob matriz de contiguidade de Queen, com inferência por 999 permutações; emprega-se também estimativa de densidade de núcleos (KDE) bivariada com banda de Scott, sobre janelas trienais agregadas (2018–2020, 2021–2023 e 2024–2026). A comparação da proporção PAF entre as três janelas é submetida a teste Qui-quadrado de Pearson, com cálculo do V de Cramér como medida de tamanho de efeito; quando a frequência esperada em alguma célula é inferior a cinco, adota-se teste exato de Fisher. A tendência temporal é avaliada pelo teste de Mann-Kendall (estatística τ), com a ressalva de que o teste opera sobre oito pontos anuais e tem baixo poder estatístico para tendências sutis. Toda a análise é executada em Python (geopandas, h3, libpysal, esda, scipy, statsmodels).

3. RESULTADOS

3.1. Caracterização do corpus

A varredura inicial sobre o acervo digital identificou 261 laudos únicos, dos quais 255 foram extraídos com sucesso pelo pipeline (taxa de 97,7%). Após aplicação dos critérios de inclusão — conclusão pericial de homicídio, ocorrência em perímetro urbano de Manaus e enquadramento no recorte temporal — o corpus analítico compreende 213 laudos. Desse total, 201 (94,4%) dispõem de coordenadas geográficas válidas dentro do bounding box urbano de Manaus, sustentando a análise espacial subsequente. Os 12 casos restantes referem-se a atendimentos em municípios vizinhos, para os quais o DPTC/PC-AM é acionado por deslocamento; foram excluídos da análise espacial pelo filtro de bbox, mas preservados na análise descritiva da tipologia. A distribuição anual é razoavelmente homogênea entre 2018 e 2024 (23 a 36 casos por ano); os anos de 2025 (n = 9) e 2026 (n = 2) apresentam cobertura parcial.

3.2. Distribuição de tipologia de instrumento

A Tab. 1 sintetiza a distribuição de tipologia por ano. Projétil de arma de fogo (PAF) responde por 166 casos (77,9%; IC95% Wilson [71,9%; 83,0%]), seguido por arma branca (23; 10,8%), instrumento contundente (19; 8,9%), asfixia mecânica por terceiro (4; 1,9%) e categoria residual (1; 0,5%). A proporção PAF mantém-se estruturalmente estável: oscila entre 60,9% (2020) e 86,2% (2019), com média de 77,6% nos sete anos de cobertura plena. O teste de Mann-Kendall sobre os oito pontos anuais não identifica tendência monotônica significativa na proporção PAF ($\tau = 0{,}195$; $p = 0{,}543$) nem no total anual de homicídios ($\tau = -0{,}159$; $p = 0{,}634$); registra-se, contudo, o baixo poder estatístico do teste com $n = 8$.

Tabela 1. Tipologia de instrumento por ano (homicídios noturnos urbanos, Manaus 2018–2026).

Tipologia	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025–26*	Total (%)
PAF	26	25	14	26	19	30	18	8	166 (77,9)
Arma branca	5	2	4	3	2	2	4	1	23 (10,8)
Contundente	3	2	4	3	1	4	0	2	19 (8,9)
Asfixia mecânica	0	0	1	2	1	0	0	0	4 (1,9)
Outros/indeterminado	0	0	0	0	0	0	1	0	1 (0,5)
TOTAL	34	29	23	34	23	36	23	11	213 (100)

** Cobertura parcial: 2025 (n = 9) e 2026 (n = 2, até maio). Fonte: o autor, a partir do acervo pessoal de laudos do plantão de 24 h da DPTC/PC-AM.*

3.3. Ausência de clustering e indício de dispersão policêntrica

A Fig. 1 apresenta a dispersão dos 201 casos georreferenciados sobre a malha urbana de Manaus. Observa-se cobertura ampla das zonas Norte, Leste, Sul, Centro-Sul e Oeste, sem concentração óbvia em um eixo único. A Fig. 2 expressa a proporção PAF agregada na grade hexagonal H3 de resolução 7. O índice de Moran global calculado sobre a proporção PAF nessa resolução é I = –0,121 (z = –0,87; p = 0,136); para resoluções 8 e 6, obtêm-se valores entre I = –0,082 (p = 0,264) e I = –0,339 (p = 0,073). Embora nenhum dos valores atinja o limiar convencional α = 0,05, o sinal negativo consistente em três escalas distintas é informativo: sugere, mais do que mera ausência de autocorrelação, tendência à dispersão regular dos eventos pela malha urbana.

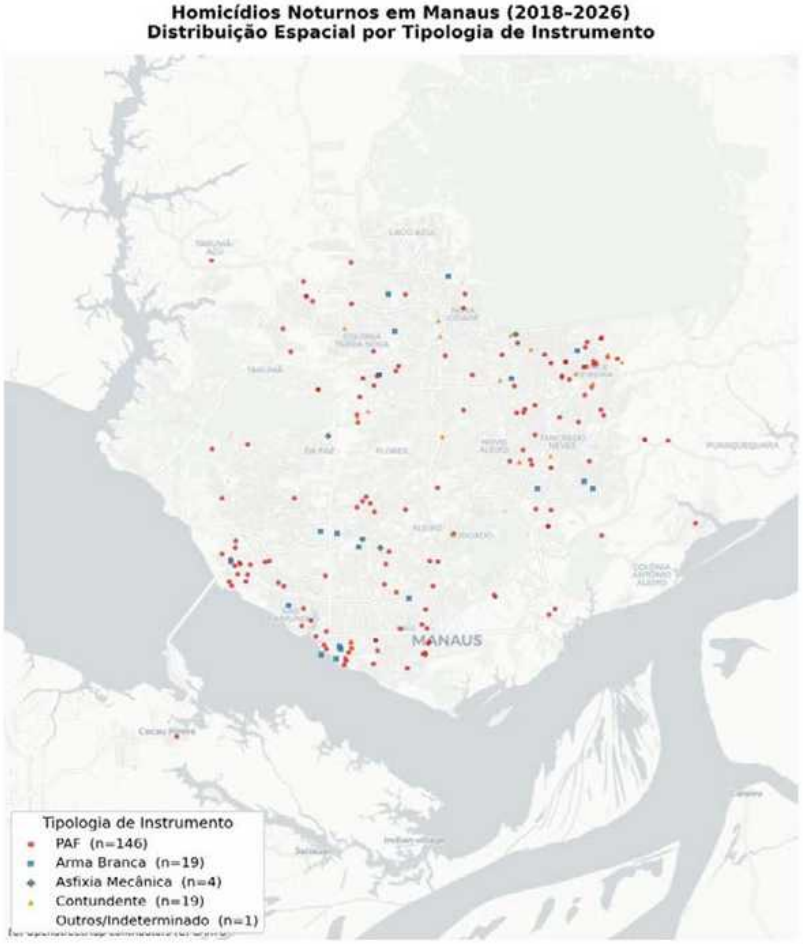


Figura 1. Distribuição espacial dos 201 homicídios noturnos urbanos georreferenciados, por tipologia de instrumento. A área urbana de Manaus, AM, 2018–2026.

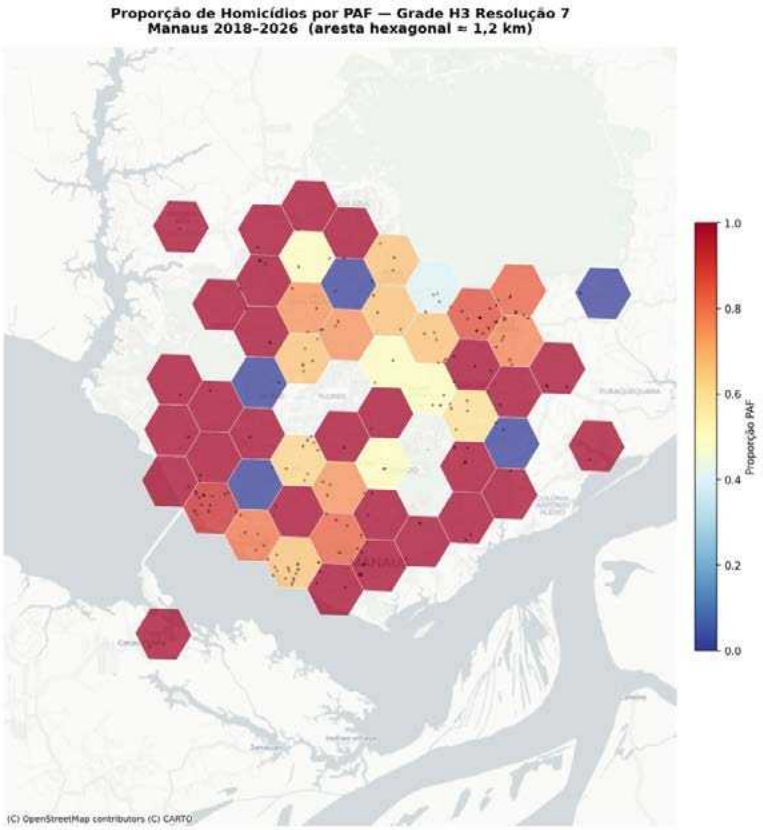


Figura 2. Proporção de homicídios por PAF em grade hexagonal H3 (resolução 7, aresta ≈ 1,2 km). Células claras indicam baixa proporção PAF; escuras, alta proporção.

3.4. Evolução espacial em janelas trienais

A estratificação do corpus em três janelas temporais agregadas — 2018–2020 (n = 86; IC95% PAF [65,5%; 83,4%]), 2021–2023 (n = 93; IC95% PAF [71,5%; 87,4%]) e 2024–2026 (n = 34; IC95% PAF [60,0%; 87,6%]) — permite inspeção da dinâmica espacial dos homicídios noturnos por períodos analiticamente significativos (Fig. 3). A proporção PAF mantém-se acima de 75% nas três janelas e atinge o máximo (80,6%) em 2021–2023; nas janelas adjacentes, observam-se 75,6% (2018–2020) e 76,5% (2024–2026). A oscilação de 5,0 pontos percentuais entre a janela central e as periféricas é submetida ao teste Qui-quadrado de Pearson: $\chi^2 = 0{,}717$ (gl = 2; p = 0,699), com frequência esperada mínima de 7,50. O V de Cramér é 0,058, indicando efeito negligível segundo os critérios convencionais. O conjunto desses resultados corrobora a interpretação de estabilidade estrutural da proporção PAF ao longo do período: a leve elevação no triênio 2021–2023 não é estatisticamente distinguível da variação aleatória esperada. A inspeção visual (Fig. 3) indica, contudo, intensificação do polo de densidade da zona Leste no triênio central — padrão que o tamanho amostral atual não tem potência suficiente para confirmar formalmente.

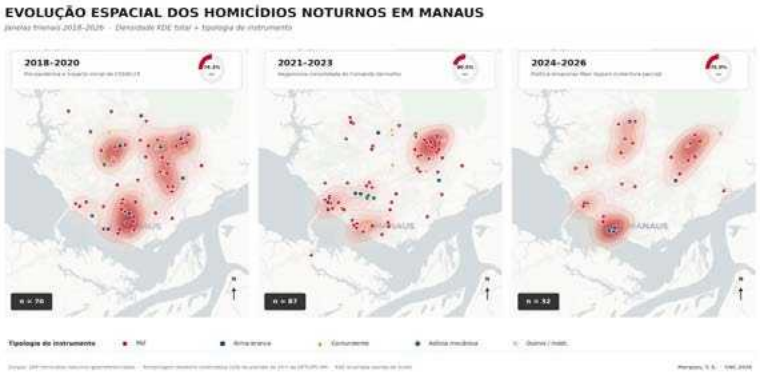


Figura 3. Evolução espacial dos homicídios noturnos em Manaus em três janelas trienais (2018–2020, 2021–2023 e 2024–2026). Cada painel apresenta a densidade KDE bivariada total e os pontos coloridos por tipologia de instrumento, com proporção PAF da janela destacada em anel à direita do título do painel.

4. DISCUSSÃO

Dois achados sustentam a contribuição do trabalho. O primeiro é a dominância estrutural e temporalmente estável do PAF: em nenhum dos sete anos de cobertura plena a proporção ficou abaixo de 60% e, na média do período, aproxima-se de 78% — cerca de seis pontos percentuais acima da média nacional do Anuário FBSP 2025 [2]. A estabilidade ao longo de oito anos sugere que a disponibilidade de armas de fogo na cidade é condição estrutural, não conjuntural. Três vetores empíricos a sustentam. O boletim Amazônia no Alvo do Instituto Igarapé [6] documentou que as armas registradas por pessoas físicas na Amazônia Legal saltaram de 57.737 (2018) para 184.181 (2021), crescimento de 219% contra 130,4% no restante do Brasil. A hegemonia do Comando Vermelho sobre o território amazonense após a fragmentação da Família do Norte em 2018, narrada pela revisão sistemática do FBSP [7], institui o tiro como linguagem padrão de resolução de conflitos faccionais. E a posição de Manaus como porto-hub do tráfico fluvial pela rota Solimões mantém fluxo contínuo de armamento de calibre restrito.

O segundo achado é a ausência de clustering combinada com indício de dispersão. O sinal consistentemente negativo do índice de Moran em três escalas reforça que a violência armada noturna em Manaus não se manifesta como fenômeno territorializado em escala de quarteirão ou de bairro: encontra-se difusa pela malha urbana, com tendência à distribuição regular dos eventos. O achado é coerente com a territorialização da violência letal nos bairros periféricos descrita por Cavalcante e colaboradores [8] e com o levantamento da Polícia Militar do Amazonas que, em 2021, identificou cinco facções disputando 80 localidades distintas em Manaus. A difusão policêntrica é a face epidemiológica da fragmentação faccional: nenhum bairro funciona como matriz exclusiva da violência por PAF; todos contribuem com casos. A inspeção visual da Fig. 2 sugere gradiente centro-periferia, padrão que o corpus atual, com 201 casos, não tem poder estatístico para confirmar formalmente.

A queda da proporção PAF para 60,9% em 2020 — mínimo da série — coincide com o primeiro impacto da pandemia de COVID-19 em Manaus, com soroprevalência estimada em 76% da população em outubro de 2020 [9], e com as restrições de mobilidade do período. Três hipóteses convergem para explicar o desvio: interrupção parcial das execuções faccionais em via pública; deslocamento momentâneo do mix de mortes letais para o ambiente doméstico, onde armas brancas e força corporal têm peso relativo maior; e eventual reclassificação de óbitos para a categoria de Mortes Violentas por Causa Indeterminada (MVCI), problema documentado pelo Atlas da Violência 2024 [1].

A validação cruzada preliminar projeta a população total pela multiplicação do corpus por oito — fator coerente com a fração amostral de 1/8 —, resultando em total estimado de 1.616 homicídios noturnos urbanos para os sete anos de cobertura plena (2018–2024). A comparação com os totais registrados no SIM/DataSUS e no SISP/AM, pendente de acesso aos microdados estratificados, permitirá avaliar a aderência da projeção à população real.

Aplicações operacionais. Os achados traduzem-se em três frentes para o sistema pericial amazonense: no dimensionamento de plantões, a difusão policêntrica recomenda escala que não privilegie zonas-eixo; no planejamento de capacitação, a homogeneidade do regime balístico ao longo de oito anos suporta investimento concentrado na coleta de elementos materiais consignados em cenas de PAF; e na produção de inteligência pericial, o pipeline descrito viabiliza extração estruturada e georreferenciamento contínuos do acervo, com periodicidade compatível com boletins trimestrais.

Reconhecem-se quatro limitações. O tamanho amostral (213 casos, 1/8 da população estimada) restringe a detecção de heterogeneidade espacial fina. A validação dos campos extraídos é solo-autoral, com possível viés sistemático do anotador. O recorte ao plantão noturno exclui homicídios diurnos, cuja tipologia pode diferir. E a validação cruzada com séries oficiais (SIM/DataSUS, SISP/AM e módulo VIVA do SINAN) é aqui preliminar; a triangulação formal por microdados estratificados constitui passo subsequente.

5. CONCLUSÕES

Sobre amostra aleatória sistemática de 213 homicídios noturnos urbanos atendidos entre 2018 e 2026, observa-se dominância estrutural do PAF (77,9%; IC95% Wilson [71,9%; 83,0%]), estável ao longo de oito anos consecutivos e cerca de seis pontos percentuais acima da média nacional; o teste Qui-quadrado entre as três janelas trienais ($\chi^2 = 0{,}717$; $p = 0{,}699$; V de Cramér = 0,058) corrobora formalmente essa estabilidade. A análise espacial global não identifica clustering significativo em três escalas testadas, e o sinal negativo do índice de Moran indica indício de dispersão regular, compatível com regime de violência armada difuso e policêntrico. O pipeline reprodutível, com código-fonte aberto e DOI Zenodo, abre cami-

nho para a extensão da análise ao dataset completo do plantão (aproximadamente 1.600 casos), com poder estatístico para a resolução de padrões espaciais finos.

AGRADECIMENTOS E ASPECTOS ÉTICOS

Agradece-se ao Departamento de Polícia Técnico-Científica do Amazonas pela manutenção do acervo institucional que tornou possível o estudo. Os dados, anonimizados quanto à identificação de vítimas, integram a produção pericial regular do plantão de 24 horas, sob custódia da autoridade pericial estadual. Dispensa-se a submissão formal a Comitê de Ética em Pesquisa nesta etapa, com base na Resolução CNS 510/2016 (art. 1º, parágrafo único, inciso III), que isenta pesquisas com bases de dados sem possibilidade de identificação individual, e em aderência aos princípios da Lei 13.709/2018 (LGPD), em particular ao art. 7º, IV.

REFERÊNCIAS

[1] D. Cerqueira; S. Bueno (coord.). *Atlas da Violência 2024*, IPEA; FBSP, Brasil (2024).

[2] Fórum Brasileiro de Segurança Pública. *Anuário Brasileiro de Segurança Pública 2025*, 19ª ed., FBSP, Brasil (2025).

[3] R. Jacarandá; L.N. Flores; M. Feitoza. The mass incarceration and the increase of violence in the states of the Brazilian Western Amazon, 2005-2017. *Revista de Direito da Cidade* **11**: 636–663 (2019).

[4] E.P. Silva; S. Laudares; M.P. Libório; P.I. Ekel. Criminality spatial dynamic in Manaus city, AM. *HOLOS* **1**: 259–270 (2018).

[5] R.G.S. Leitão; D.M. Aguiar; G.E.S. Jales; C.G.S. Leitão. Análise dos homicídios em Manaus, Amazonas, em 2023: desafios e perspectivas para a segurança pública. *Interference Journal* **11**: 1632–1648 (2025).

[6] Instituto Igarapé. *Descontrole no Alvo n. 3 — Amazônia no Alvo*, Instituto Igarapé, Brasil (2022).

[7] Fórum Brasileiro de Segurança Pública. *Cartografias da Violência na Amazônia — 4ª edição*, FBSP, Brasil (2025).

[8] F.C. Cavalcante; M.P.R. Brandt; C.M.A. Mello; E.N.P.M. Duarte. A luta pela conquista da cidade de Manaus-AM: mortes violentas no bairro Jorge Teixeira (2018 a 2022). *Caderno Pedagógico* **22**: e13733 (2025).

[9] L.F. Buss et al. Three-quarters attack rate of SARS-CoV-2 in the Brazilian Amazon during a largely unmitigated epidemic. *Science* **371**: 288–292 (2021).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Do protocolo ao local de crime: análise pericial do overkill em feminicídios

M. C. V. Rocha[a,c], E. L. Chrominski[b]

[a]*Polícia Científica do Paraná , Unidade de Execução Técnico-Científica de Ponta Grossa, Paraná (PR), Brasil*
[b]*Polícia Científica do Paraná, Unidade de Execução Técnico-Científica de Apucarana (PR), Brasil*
[c]*Universidade Federal do Paraná – Departamento de Hidráulica e Saneamento, Paraná (PR), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: maria.darocha@policiacientifica.pr.gov.br. Tel.: +55-41-99784-7408.*

Palavras-chave: Violência de gênero; indicadores de violência extrema; protocolos investigativos; dinâmica criminal.

O feminicídio constitui a manifestação mais extrema da violência baseada em gênero e pode ocorrer em diferentes contextos sociais e relacionais, não se restringindo às relações afetivas ou convivenciais. Os protocolos contemporâneos de investigação destacam que essas mortes devem ser analisadas para além da determinação da causa médica da morte, incorporando a avaliação dos vestígios materiais, da dinâmica da agressão e dos contextos de violência de gênero. Nesse cenário, destaca-se o conceito de overkill, geralmente descrito como a inflição de violência muito além daquela necessária para produzir a morte da vítima. Embora frequentemente associado à multiplicidade de lesões, mutilações, desfigurações e agressões reiteradas, o conceito permanece objeto de debate e apresenta aplicação heterogênea na prática pericial.

O presente trabalho teve como objetivo examinar como os indicadores de overkill descritos na literatura se manifestam nos vestígios observados em casos reais de feminicídio, discutindo suas potencialidades e limitações para a interpretação criminalística da violência baseada em gênero. Foram analisados quatro casos de feminicídio examinados pela Polícia Científica do Paraná, selecionados por apresentarem diferentes manifestações de violência letal contra mulheres. O estudo foi conduzido por meio da análise documental dos laudos periciais de local de morte, registros fotográficos e informações perinecroscópicas, confrontando os achados com a literatura.

Os casos analisados evidenciaram diferentes manifestações da violência baseada em gênero. Um dos casos apresentou forte convergência com os indicadores clássicos de overkill, incluindo múltiplas lesões, extensas lesões defensivas, mutilações e desfiguração corporal. Em contraste, dois casos não apresentaram multiplicidade de lesões ou agressões físicas reiteradas, embora os vestígios permitissem identificar elementos relacionados à violência de gênero, como tentativa de ruptura da convivência, controle físico e subjugação da vítima. Um quarto caso apresentou características intermediárias, marcadas por persistência da agressão, deslocamento da vítima entre ambientes, tentativa de fuga, ocultação do cadáver e agressões dirigidas a regiões corporalmente associadas à feminilidade, demonstrando que determinadas manifestações de violência extrema podem não ser plenamente compreendidas por abordagens fundamentadas exclusivamente na quantidade de lesões observadas.

Os resultados demonstram que os indicadores tradicionalmente associados ao overkill manifestam-se de forma heterogênea nos feminicídios examinados e que feminicídio e overkill constituem fenômenos relacionados, porém não equivalentes. A análise comparativa evidenciou que a violência extrema nem sempre se expressa por meio da destruição corporal exuberante, podendo manifestar-se também por dinâmicas de controle, subjugação, persistência da agressão e degradação da vítima. Nesse contexto, o estudo reforça a importância da atuação pericial para além da determinação da causa da morte, destacando o potencial

dos vestígios corporais e ambientais para reconstrução da dinâmica criminal e interpretação da violência baseada em gênero. A abordagem proposta demonstra que a discussão sobre overkill pode representar uma ferramenta útil para compreensão de determinadas manifestações de violência extrema contra mulheres, desde que empregada de forma crítica, contextualizada e integrada à análise dos vestígios e circunstâncias investigativas de cada caso.

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Justiça. Diretrizes nacionais feminicídio: investigar, processar e julgar com perspectiva de gênero as mortes violentas de mulheres. Brasília: Ministério da Justiça, 2016.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Ministério das Mulheres. Protocolo nacional de investigação e perícia nos crimes de feminicídio. Brasília: MJSP/MMulheres, 2025.

ONU MULHERES. Modelo de protocolo latino-americano de investigação das mortes violentas de mulheres por razões de gênero (femicídio/feminicídio). Brasília: ONU Mulheres, 2014.

F. Chatzinikolaou; E. Vavoulidis; T. Tsiapla; C. Margioula-Siarkou; K. Dinas; S. Petousis. Overkill in forensic medicine: A systematic review. Acta Psychologica, v. 259, 2025, art. 105388. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105388.

P. Kopacz; E. Juzwik-Kopacz; F. Bolechala; M. Strona; T. Konopka. Overkilling: A specific type of homicide – Constructing the definition: Injuries and victim. Legal Medicine, v. 59, 2022, art. 102147. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2022.102147.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Distribuição dos serviços de verificação de óbito no Brasil: análise da implementação da rede nacional frente à previsão normativa

M. L. Z. L. Guedes[a], P. C. Farias[b], L. C. M. Farias[c]

[a]IGPRS - Instituto Geral de Perícias do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul (RS), Brasil
[b]ABRAMEL - Associação Brasileira de Médicos-Legistas, Brasil
[c]UCPEL - Universidade Católica de Pelotas, , Pelotas (RS), Brasil
[*]Endereço de e-mail para correspondência: dra.mizini@yahoo.com.br Tel.: +55-53-995521094

Palavras-chave: Serviço de Verificação de Óbito; Mortalidade; Vigilância em Saúde; Medicina Legal; Sistema de Informação em Saúde.

1. INTRODUÇÃO

A vigilância do óbito no Brasil constitui componente essencial das ações em saúde pública, sendo responsável pela produção de informações fundamentais para o planejamento, monitoramento e avaliação de políticas de saúde. No âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), essa organização é orientada pela Lei nº 8.080/1990.

Os Serviços de Verificação de Óbito (SVO) desempenham papel central na elucidação de mortes naturais sem causa definida, permitindo a adequada determinação da causa básica de morte e contribuindo para a qualificação das estatísticas de mortalidade. Estudos nacionais demonstram que a atuação desses serviços está associada à redução de causas mal definidas e ao aprimoramento da vigilância epidemiológica.

Com o objetivo de estruturar essa atividade, foi instituída, por meio da Portaria nº 1.405/2006, a Rede Nacional de Serviços de Verificação de Óbito e Esclarecimento da Causa Mortis (RNSVO), com previsão de implantação progressiva de serviços distribuídos entre as unidades federativas, além de organização por níveis de complexidade.

Apesar desse planejamento normativo, a distribuição efetiva dos SVO no território nacional ainda apresenta lacunas. Nesse contexto, torna-se relevante analisar a implementação da rede frente à capacidade prevista, considerando suas implicações para a vigilância em saúde e para o sistema médico-legal.

2. OBJETIVO

Avaliar a distribuição dos Serviços de Verificação de Óbito no Brasil, comparando a capacidade de implantação prevista na normativa com a presença de serviços cadastrados no Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES).

3. METODOLOGIA

Trata-se de estudo descritivo, de abordagem quantitativa, baseado em dados secundários.

Foram identificados todos os Serviços de Verificação de Óbito cadastrados no Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES), com extração realizada em abril de 2026. Para cada unidade federativa, foram analisadas a população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com referência em 1º de julho de 2025, o número de SVO previstos conforme a Portaria nº 1.405/2006 e o número de serviços efetivamente registrados.

Foi realizada análise descritiva da distribuição dos SVO no território nacional, com comparação entre a capacidade normativa de implantação e a disponibilidade real dos serviços.

4. RESULTADOS

Foram identificados Serviços de Verificação de Óbito em 18 unidades federativas, enquanto 9 estados não

apresentaram serviços cadastrados. Observou-se distribuição heterogênea, com concentração em regiões mais desenvolvidas e predominância em capitais.

Entre os estados com SVO, verificou-se variação no número de serviços, com maior concentração em São Paulo, Goiás e Minas Gerais. A maioria dos serviços está localizada em capitais ou municípios de maior porte, embora também tenham sido identificados serviços em municípios do interior.

Das 27 capitais brasileiras, apenas 14 dispõem de SVO em seu território, enquanto 11 não possuem o serviço local. Em alguns estados, a cobertura ocorre de forma regionalizada, com serviços localizados fora da capital.

A análise comparativa entre capacidade prevista e serviços implantados evidenciou subdimensionamento da rede em diversas unidades federativas. Estados como Rio de Janeiro, Bahia e Rio Grande do Sul apresentam cobertura inferior a 25% da capacidade prevista, com valores aproximados de 16,7%, 20% e 25%, respectivamente. Em Minas Gerais, a cobertura é de aproximadamente 57%, enquanto Paraná e Santa Catarina apresentam cerca de 50%. O Ceará apresenta cobertura de 66,7%.



5. DISCUSSÃO

Os achados evidenciam descompasso entre o planejamento normativo da Rede Nacional de Serviços de Verificação de Óbito e sua implementação efetiva, indicando limitações na consolidação dessa política pública. A persistência de lacunas sugere influência de fatores relacionados à implementação, como organização regional, pactuação interfederativa e priorização de recursos.

A insuficiência de SVO impacta diretamente a qualidade das informações de mortalidade, favorecendo a manutenção de causas mal definidas e comprometendo a vigilância epidemiológica. Além disso, reduz a capacidade de detecção de eventos relevantes em saúde pública.

No âmbito assistencial, a ausência desses serviços transfere ao médico assistente a responsabilidade pela certificação do óbito em contextos de incerteza diagnóstica, podendo resultar em registros imprecisos.

Destaca-se, ainda, a repercussão sobre os Institutos Médico-Legais (IML), com o encaminhamento indevido de mortes naturais sem elucidação diagnóstica. Esse deslocamento de demanda gera sobrecarga operacional, desvio de finalidade institucional e potencial prejuízo à atividade pericial criminal.

A distribuição desigual dos serviços evidencia disparidades regionais e reforça a necessidade de fortalecimento da rede.

6. CONCLUSÃO

A distribuição dos Serviços de Verificação de Óbito no Brasil é desigual e inferior à capacidade prevista, evidenciando subdimensionamento da rede em diferentes regiões do país.

A ampliação e qualificação desses serviços são fundamentais para a melhoria da qualidade das informações de mortalidade, para o fortalecimento da vigilância em saúde e para a adequada organização dos fluxos assistenciais e periciais, evitando o encaminhamento indevido de mortes naturais aos Institutos Médico-Legais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Brasil. Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990. Diário Oficial da União. 1990 set 20.

[2] Cardoso ABC. Serviços de verificação de óbitos: características e contribuições para o esclarecimento de causas de morte [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2003.

[3] Dias PHP. Análise da Rede Nacional dos Serviços de Verificação de Óbito (RNSVO): a partir da criação de indicadores de desempenho para o serviço [dissertação]. Brasília: Fundação Oswaldo Cruz; 2024.

[4] Camurça Correia Pinto CH, Ibiapina Gurgel MG, Santos Alves MD, de Lima Passos ML, Antunes Nunes Diniz S, Rodrigues da Conceição M. Investigação de óbitos por causas mal definidas: estratégia de fortalecimento da vigilância em saúde. Rev Rene. 2012;13(4):871–879.

[5] Rozman MA, Eluf-Neto J. Necropsia e mortalidade por causa mal definida no Estado de São Paulo. Rev Panam Salud Publica. 2006;20(5):307–313.

[6] França E, Teixeira R, Ishitani L, Duncan BB, Cortez-Escalante JJ, Morais Neto OL, et al. Redistribuição das causas mal definidas de óbito no Brasil, 2000–2010. Rev Saude Publica. 2014;48(4):671–681. doi:10.1590/S0034-8910.2014048005146.

[7] Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 1.405, de 29 de junho de 2006. Diário Oficial da União. 2006 jun 30.

[8] Brasil. Ministério da Saúde. Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) [Internet]. Disponível em: https://datasus.saude.gov.br. Acesso em: 2026.

[9] Brasil. Ministério da Saúde. Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) [Internet]. Disponível em: https://cnes.datasus.gov.br. Acesso em: 2026.

[3] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2025. Rio de Janeiro: IBGE; 2025

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Exumação na Antropologia Forense como ferramenta diagnóstica em suspeita de envenenamento em série: relato de caso

L. Y. S. Martins[a,*], D. T. F. Cardoso[a], L. M. Mendes[a], G. T. Rodrigues[a], V. A. P. Gianvecchio[b], E. M. Aquino[b], P. A. Okuyama[b], A. R. Deitos[c]

[a]*Instituto Médico-Legal, Superintendência da Polícia Técnico Científica, Ribeirão Preto (SP), Brasil*
[b]*Instituto de Criminalística, Superintendência da Polícia Técnico Científica, São Paulo (SP), Brasil*
[c]*Instituto Nacional de Criminalística, Polícia Federal, Brasília (DF), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: larissa.lysm@policiacientifica.sp.gov.br Tel.: +55-37-99999-0024.*

Palavras-chave: Antropologia Forense; Carbamatos; Envenenamento; Exumação; Toxicologia Forense.

1. INTRODUÇÃO

O Instituto Médico Legal (IML) e o Instituto de Criminalística (IC) integram a Polícia Científica do Estado de São Paulo e são responsáveis, de acordo com o Código de Processo Penal [1], por garantir a materialidade da prova: "Quando a infração deixar vestígios, será indispensável o exame de corpo de delito, direto ou indireto, não podendo supri-lo a confissão do acusado". Os casos a serem descritos se tratam de óbitos por causa externa atendidos pelo IML em uma cidade no interior do estado de São Paulo, notadamente intoxicação exógena, cenário recorrente na prática forense em suas diversas modalidades, sendo os casos em tela envenenamento por aldicarbe e carbofurano, respectivamente, conhecidos popularmente como "chumbinho".

O intuito deste estudo é auxiliar os estudos e a atuação de profissionais forenses em contextos de óbito provocado por intoxicação exógena.

2. METODOLOGIA

As informações contidas nesta descrição de caso forense foram obtidas por meio de revisão dos laudos redigidos a partir dos exames necroscópicos, incluindo exumação e exames toxicológicos, além de revisão de literatura.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A exumação é uma medida de caráter essencialmente excepcional e se trata de um procedimento probatório que fica submetido à discricionariedade do Juízo, sendo executada somente por inevitáveis e justificadas razões, considerando o relevante valor ético-social do respeito aos mortos, de modo que o juíz terá sua convicção formada perante a inexistência de outros meios probatórios para se confirmar um fato, e/ou na hipótese de existir sérias divergências que justifiquem o novo exame [2]. A toxicologia forense é o ramo que utiliza os princípios fundamentais da toxicologia com o objetivo de auxiliar no esclarecimento de fatos que apresentam interesse médico legal [3]. De acordo com referências [4-5], a coleta de órgãos e tecidos para análise post mortem pode ser útil na presença de cadáveres em avançado estado de decomposição e mortes por intoxicações letais de pesticidas, não obstante a putrefação seja um processo global que não envolve apenas o tegumento, sendo a evolução putrefativa nas vísceras diversa, dependendo de sua composição [2], [6] o que pode representar limitações a esse tipo de perícia, a depender do estado de conservação dos remanescentes humanos e da substância analisada. O fígado é um dos principais órgãos a serem coletados frente a uma intoxicação medicamentosa ou outra intoxicação por via oral, sendo que a farmacocinética e a toxicocinética explicam que é este órgão

o responsável pelo efeito de primeira passagem e pelo processo de metabolização das substâncias ingeridas por via oral [5], [7].

Pode-se conceituar veneno como qualquer substância que, introduzida pelas mais diversas vias do organismo, danifica a vida ou a saúde, sendo o envenenamento o conjunto de elementos caracterizadores da morte violenta ou do dano à saúde ocorridos pela ação de determinadas substâncias de forma acidental, criminosa ou voluntária. Os pesticidas carbamatos surgiram com os organofosforados após a Segunda Guerra Mundial, em substituição a estes, e tornaram-se uma alternativa mais promissora, uma vez que se apresentavam com maior nível de seletividade e por serem moléculas biodegradáveis, sendo compostos anticolinesterásicos, com grau variado de toxicidade para o ser humano, sendo usados como inseticidas, fungicidas, herbicidas e parasiticidas, existindo atualmente cerca de 25 princípios ativos distribuídos em centenas de produtos comerciais no mercado nacional. Nos últimos anos, a intoxicação por pesticidas carbamatos destinados ao uso exclusivamente agrícola vem se acentuando, em especial o aldicarbe, que é ilegalmente comercializado em centros urbanos como um raticida conhecido como "chumbinho" [8].

Em relação ao caso em discussão, trata-se de mulher idosa que foi presa por suspeita de envenenar e matar a nora em conluio com o filho, sendo que esta foi a óbito por intoxicação exógena causada pelo agente químico aldicarbe, firmado pelo exame toxicológico solicitado durante o ato necroscópico. A partir deste caso primário, levantou-se uma suspeição de que a filha da acusada, que havia falecido no mês anterior, também pudesse ter sido envenenada, suspeição essa que levou a uma exumação que trouxe como resultado a definição da causa mortis por intoxicação externa por carbofurano, firmado também pelo exame toxicológico solicitado durante o procedimento pericial, resultando em posterior denúncia da acusada pelo Ministério Público pelo assassinato da filha. Ainda, a ré também foi acusada pelo Ministério Público por tentativa de homicídio por envenenamento contra uma amiga há oito anos [9].

Consta em documentação médico-legal que, após ingerir suposta medicação para cefaleia fornecida pela acusada, a eventual vítima apresentou mal estar, sudorese intensa, taquipneia, extremidades frias e cianóticas, evacuação líquida em grande quantidade, evoluindo para insuficiência respiratória aguda, dislalia, pupilas mióticas bilateralmente e rebaixamento do nível de consciência, com necessidade de intubação orotraqueal e apresentando posteriormente, ainda, hipertensão arterial, pele pegajosa e mal perfundida, pupilas puntiformes bilateralmente, desidratação, hipotermia, descerebração. Durante os atendimentos assistenciais, foram aventadas as hipóteses diagnósticas de intoxicação exógena, acidente vascular encefálico hemorrágico (descartado pela tomografia de crânio), além de encefalopatia hipertensiva, disautonomia secundária à medicação, ataque isquêmico transitório, acidente vascular encefálico isquêmico de circulação posterior não evidenciado pela tomografia, intoxicação medicamentosa, paralisia periódica hipocalêmica.

Em relação ao caso primário, que desencadeou a série de investigações, segundo informações da Autoridade Policial, teria sido vítima de morte a esclarecer em decorrência de queda da própria altura, tratando-se de mulher adulta, com idade inferior a 40 anos. Ao exame necroscópico externo, foi constatada diminuta equimose em mento, além de cogumelo de espuma, não havendo demais achados indicativos de violência externa. À abertura das cavidades, evidenciados pulmões com edema importante, com saída de secreção sero-hemática sobre compressão pós secção transversal do órgão bilateralmente, além de miocardiopatia dilatada em ventrículo direito, sem sinais de pericardite e sem áreas de infarto. Foi coletado sangue para exame toxicológico, no qual foi detectado, por meio de análise qualitativa, aldicarbe e aldicarbe sulfóxido, através da metodologia de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência acoplada à Espectrometria de Massas com filtro de Massas do tipo Triplo Quadrupolo Sequencial. A causa mortis foi definida como intoxicação exógena ocasionada pelo agente químico (veneno) aldicarbe.

Conforme exposto, o caso primário levou a uma suspeição das autoridades, com consequente exumação do segundo, o qual se descreve a seguir. A fim de atender à ordem judicial de exumação criminal dos remanescentes humanos de mulher adulta, com idade pouco superior a 40 anos, procedeu-se à perícia para coleta de amostras para exame toxicológico, cerca de três meses e meio após o óbito. O cadáver havia sido necropsiado pelo Serviço de Verificação de Óbito (SVO), tendo sido definida a causa mortis como edema pulmonar e cerebral de causa indefinida, tendo sorologia posterior descartado o acometimento por dengue, febre amarela, chikungunya, zika e hantavírus. À exumação, os remanescentes humanos encontravam-se em fase de esqueletização parcial associada à mumificação, além de saponificação. Diversas vísceras estavam em estado parcial de decomposição, mas com identificação clara. Foram coletados fragmentos de cérebro, pulmão, coração, fígado, intesti-

no, estômago, conteúdo estomacal e aspirado vesical para análise toxicológica, tendo sido detectado, por meio de análise qualitativa, carbofurano em amostras de estômago, fígado e pulmão. O laudo toxicológico também mostrou que, além da detecção das amostras de carbofurano nas matrizes supracitadas, tal substância também foi detectada em aspirado vesical por Cromatografia Líquida Acoplada à Espectrometria de Massas em Tandem (LC-MS/MS). Os extratos de tais amostras, quando examinadas pela técnica de Cromatografia Gasosa Hifenada a Espectrometria de Massas (GC-MS) revelaram uma substância cujo espectro de massas era coincidente com o do carbofuran-7-ol, composto de fórmula molecular de C10H12O2 pertencente à classe dos fenóis, salientando-se que o exame do padrão de referência de carbofurano nas mesmas condições de análise dos extratos das amostras remetidas ao Núcleo de Toxicologia Forense em questão evidenciou tanto o carbofurano, de fórmula molecular C12H15NO3, em baixa intensidade de sinal, quanto o carbofuran-7-ol, sendo este último em alta intensidade, sinalizando para uma degradação térmica do carbofurano nas condições analíticas empregadas pela técnica de GC-MS. Tal hipótese encontra guarida na literatura analítica, por exemplo no trabalho de Yang e Shin [10] que mostra que a análise direta por CG de pesticidas carbamatos geralmente leva à sua decomposição na porta de injeção em fenóis e aminas correspondentes, ou na coluna durante a análise, sendo razoável inferir que, de forma indireta, o carbofurano pôde ser detectado também por GC-MS, corroborando com a detecção de carbofurano via LC-MS/MS. A causa mortis foi então definida como intoxicação externa por praguicida.

As perícias em toxicologia, hoje, possuem diversos testes analíticos para identificação de possíveis crimes, sabendo-se da importância da matriz onde se deseja investigar, assim como, caso seja necessário, a extração das mesmas para que possam ser incluídas nos equipamentos analíticos [11].

Referência [12] desenvolveram estudo com 30 ratos Wistar machos, com 70 dias de idade, que foram experimentalmente expostos aos pesticidas carbamatos aldicarbe e carbofurano, com posterior realização de exames toxicológicos, sendo que grupos de 3 animais (2 expostos e 1 controle foram avaliados em 24 horas, 3 dias, 5 dias, 7 dias e 10 dias post mortem. Foram coletados conteúdo gástrico, fígado, humor vítreo, músculo esquelético e larvas (quando disponíveis), sendo que os pesticidas foram detectados por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) e quantificados nas matrizes analisadas, sendo observado um possível atraso na putrefação tecidual devido à presença dos pesticidas [12]. Este modelo experimental demonstrou que é possível detectar os pesticidas carbamatos aldicarbe e carbofurano em matrizes de ratos exumados em diferentes intervalos post mortem, além de evidenciar que essas substâncias podem retardar a autólise e a putrefação, o que pode interferir na estimativa do intervalo post mortem e evidenciando que a exumação, em casos suspeitos de intoxicação, não deve ser descartada [12]. Referência [13] relatou um caso onde foi possível identificar a causa mortis como sendo intoxicação exógena por aldicarbe em um corpo humano em avançado estado de putrefação, através do exame toxicológico.

4. CONCLUSÕES

A detecção de carbamatos em contexto de exumação reforça a persistência dessas substâncias em matrizes biológicas mesmo após processos avançados de decomposição, além de evidenciar sua possível influência na dinâmica de putrefação, com implicações diretas para a Antropologia Forense e a reconstrução do evento morte. O caso em tela demonstra como a interface entre Antropologia Forense, Medicina Legal e Toxicologia Forense é importante na prática pericial, mesmo em situações em que existe uma janela temporal entre o cometimento do delito e a obtenção do meio de prova, firmando os achados como imprescindíveis para a robustez do processo penal e a garantia da justiça como fundamental do Estado de Direito.

Este estudo foi submetido à Comissão Científica e de Éticas em Procedimentos Periciais da Superintendência de Polícia Técnico Científica de São Paulo (SPTC-SP), bem como ao Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (HC-FMRP-USP).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Código de Processo Penal. Decreto Lei nº 3.689, de 03 de outubro de 1941. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del3689.htm

[2] C.E.P. Machado *et al*. Tratado de Antropologia Forense. 1. ed. Campinas: Millenium (2022).

[3] D.J. Dorta *et al*. Toxicologia Forense. Blucher (2018).

[4] S. Oga *et al*. Fundamentos de Toxicologia. 5. ed. São Paulo: Atheneu (2021).

[5] H.J. Hamnett et al. Challenges in the Analysis of Toxicological Samples. In: Challenges in Detection Approaches for Forensic Science: 72-104 (2021).

[6] J. Pinheiro. Decay Process of a Cadaver. In: A. Schimitt et al. Forensic Anthropology and Medicine: complementary sciences from recovery to cause of death. Totowa: Human Press (2006).

[7] S. Jones et al. An overview of sample preparation in forensic toxicology. Wiley Interdisciplinary Reviews: Forensic Science 4(2): e1436 (2022).

[8] M. Passagli. Toxicologia Forense: teoria e prática. 6. ed. Campinas: Millenium (2023).

[9] https://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/2026/01/30/apos-mortes-da-nora-e-da-filha-envenenadas-mulher-e-denunciada-a-justica-pelo-3o-crime.ghtml

[10] E.Y. Yang; H.S. Shin. Trace level determinations of carbamate pesticides in surface water by gas chromatography–mass spectrometry after derivatization with 9-xanthydrol. Journal of Chromatography A 1305: 328– 332 (2013).

[11] M.R.S. da Lomba *et al*. O uso de matrizes biológicas e testes analíticos presentes na Toxicologia Forense. Revista Brasileira de Criminalística 12(4): 88-1025 (2023).

[12] A. Siqueira et al. Exhumation of Wistar rats experimentally exposed to the carbamate pesticides aldicarb and carbofuran: a pathological and toxicological study. Experimental and Toxicologic Pathology 68: 307-314 (2016).

[13] C. Durão; M.P. Machado. Death by chumbinho: aldicarb intoxication - regarding a corpse in decomposition. Int J Legal Med 130:981-983 (2016).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Decomposição em ambiente interno: estudo comparativo experimental da influência da entomofauna em Sus scrofa domesticus e correlação com casuística pericial

L. Y. S. Martins[a,*], M. Calmon[b,c,d], T. E. S. Tomé[b,c], A. S. Costa[e], L. M. Mendes[a], C. E. P. Machado[e], M. A. Guimarães[b], A. R. Deitos[c]

[a]*Instituto Médico-Legal, Superintendência da Polícia Técnico Científica, Ribeirão Preto (SP), Brasil*
[b]*Departamento de Patologia e Medicina Legal, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP, Ribeirão Preto (SP), Brasil*
[c]*Centro Nacional de Difusão de Ciências Forenses, Instituto Nacional de Criminalística, Polícia Federal, Brasília (DF), Brasil*
[d]*Centro Universitário de Brasília (CEUB), Brasília (DF), Brasil*
[e]*Instituto Nacional de Criminalística, Polícia Federal, Brasília (DF), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: larissa.lysm@policiacientifica.sp.gov.br Tel.: +55-37-99999-0024.*

Palavras-chave: Antropologia Forense; Cadáver; Insetos; Medicina Legal; Tafonomia.

1. INTRODUÇÃO

A Tafonomia, originalmente concebida no campo da Paleontologia para o estudo dos processos de fossilização e das influências biológicas sobre as alterações *post mortem* [1, 2], consolidou-se nas Ciências Forenses como ferramenta essencial para a estimativa do intervalo *post mortem* (IPM) e para a diferenciação entre processos naturais e intervenções humanas [3]. Distintamente da tanatologia clássica, focada nos fenômenos físico-químicos intrínsecos ao cadáver, a abordagem tafonômica é multidisciplinar e ecológica, investigando a interação do corpo com variáveis extrínsecas, como fatores ambientais, edáficos e, primordialmente, a atividade da entomofauna necrófaga [4]. Tal entendimento é crucial para a análise da cena de morte e para a distinção precisa entre lesões *peri mortem* e alterações *post mortem* [5].

A eficácia dos estudos tafonômicos reside no reconhecimento de que a decomposição não ocorre de modo uniforme, sendo modulada pelo cenário de deposição. Em ambientes internos, o isolamento físico das edificações atua como barreira microclimática e biótica, estabelecendo dinâmicas de colonização e degradação que desafiam os modelos convencionais derivados de áreas abertas [6]. Embora corpos sejam frequentemente encontrados em recintos fechados na casuística criminal urbana — conferindo ao tema alta relevância prática —, a literatura científica brasileira ainda carece de estudos sistemáticos que avaliem as particularidades desse contexto [7-10].

Tal lacuna é evidenciada pelas divergências sobre a dinâmica da entomofauna em ambientes confinados. Enquanto parte dos estudos aponta retardamento na decomposição, atribuído ao acesso restrito de insetos e à menor amplitude térmica [11-13], outros sugerem taxas de degradação aceleradas em ambientes internos, independentemente da temperatura externa [10]. A colonização *indoor* é frequentemente marcada por atraso de até cinco dias e por redução na biomassa larval [14], em contraste com cenários externos, nos quais a oviposição pode ocorrer em poucos minutos [15, 16], evidenciando o impacto das barreiras físicas sobre o comportamento de animais necrófagos.

Diante desse cenário, o presente estudo objetiva avaliar a influência da entomofauna na decomposição em ambiente interno, mediante a comparação entre modelos experimentais com e sem acesso de insetos, e correlacionar os dados experimentais com a casuística pericial real, visando fornecer subsídios técnicos que aprimorem a precisão das perícias criminais em contextos de confinamento.

2. METODOLOGIA

2.1 Aspectos éticos e legais

A utilização dos modelos biológicos (*Sus scrofa domesticus*) seguiu as diretrizes da Resolução Normativa nº 30/2016 do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA). De acordo com o item 6.1.10 da normativa, o estudo dispensou aprovação formal pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), uma vez que as carcaças (com peso entre 50 e 80 kg) foram oriundas de abatedouro comercial certificado, garantindo a rastreabilidade e a origem lícita dos espécimes. Entretanto, a pesquisa foi aprovada pelo Instituto Nacional de Criminalística (INC/DITEC/PF), conforme normativas da instituição. No que tange à casuística humana, o projeto foi aprovado pela Comissão Científica e de Ética da Superintendência de Polícia Técnico-Científica de São Paulo (SPTC-SP) e pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (CEP/HCFMRP-USP), assegurando o sigilo e a conformidade ética no manejo dos dados periciais.

2.2 Cenários Experimentais e Procedimentos

O experimento controlado foi conduzido no Centro de Estudos Tafonômicos da Polícia Federal (CET/PF), localizado na Academia Nacional de Polícia, em Brasília/DF, em estrutura de madeirite projetada para mimetizar o microclima de uma residência urbana. Os espécimes foram distribuídos em duas etapas. Na primeira (N=1), realizada no período de seca, o espécime foi alocado em cenário com livre acesso à entomofauna. Na segunda (N=2), conduzida no período de chuva, os espécimes foram distribuídos entre um cenário de livre acesso à entomofauna e outro de isolamento parcial mediante cobertura com tela mosquiteiro tipo *voal* (Fig. 1). Como etapa posterior, prevista para maio de 2026, um quarto espécime (N=1) será alocado em cenário de isolamento parcial análogo ao descrito.

O monitoramento foi diário, com anotações qualitativas sobre a dinâmica de atividade dos insetos e documentação fotográfica padronizada em ângulo de 90° da superfície corporal total e de quadrantes específicos (cabeça/pescoço, tronco e membros), de modo a detalhar a sucessão de eventos tafonômicos. O período de observação respeitou o ritmo natural de decomposição de cada espécime, sendo encerrado apenas ao se atingir a esqueletização completa ou a estabilização em processos conservadores, conforme critério técnico dos autores.



Figura 1. *Sus scrofa domesticus* com isolamento parcial por meio de cobertura com voal, período de chuva, dia zero

2.3 Análise Comparativa com Casuística Real

Após o período de observação, as imagens e anotações foram comparadas a três casos periciais reais de cadáveres encontrados em recintos fechados com ventilação limitada, atendidos pelo Instituto Médico-Legal de Ribeirão Preto. A análise qualitativa permitiu correlacionar a sucessão tafonômica e os padrões de atividade da fauna necrófaga observados nos modelos controlados com a realidade da casuística forense regional.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Casuística pericial

Caso 1 — Cadáver em estado inicial de putrefação, na fase cromático-gasosa, encontrado no interior de imóvel rural utilizado como alojamento de funcionários, no mês de maio, em município do interior do estado de São Paulo, sem sinais de violência externa. Não havia presença de entomofauna. Observaram-se descolamento epidérmico e capilar, enfisema subcutâneo, flictenas e manchas verdes predominantes em abdome e tórax. Cabeça, tórax, abdome, dorso e membros apresentavam topografias de aspecto violáceo-enegrecido, com exalação de gases fétidos, posição em "boxeador", protrusão lingual e ocular, aspecto gigantesco e deformado e agigantamento testicular. Ausentes lesões de interesse médico-legal. O IPM foi estimado em 18-48 h. A causa *mortis* permanece indeterminada e a identificação foi confirmada por necropapiloscopia (Fig. 2).



Figura 2. Estado inicial de putrefação, fase cromático-gasosa, sem presença de entomofauna, IPM estimado 18-48h

Caso 2 — Cadáver em estado avançado de putrefação, na fase gasosa, encontrado no interior de residência, no mês de março, em município do interior do estado de São Paulo, sem sinais de violência externa. Os achados necroscópicos foram semelhantes aos do Caso 1, porém com presença de entomofauna (notadamente larvas e moscas), maior extensão das manchas verdes e aspecto gigantesco e deformado mais acentuado. Ausentes lesões de interesse médico-legal. O IPM foi estimado em 72-120 h. A causa *mortis* permanece indeterminada e a identificação foi confirmada por necropapiloscopia (Fig. 3).



Figura 3. Estado avançado de putrefação, fase gasosa, com presença de entomofauna, IPM estimado 72-120h

Caso 3 — Cadáver em estado avançado de decomposição, encontrado no andar superior de residência, no mês de junho, em município do interior do estado de São Paulo, sem sinais de violência externa. Conforme relato dos vizinhos, o suposto morava sozinho e não era visto há aproximadamente um ano. Não havia presença de entomofauna. Os remanescentes apresentavam aspecto seco e untuoso, com esqueletização parcial em crânio, mandíbula e membros superiores e inferiores; tórax e abdome encontravam-se parcialmente corificados; demais segmentos mostravam-se untuosos, porosos e notadamente saponificados (Fig. 4). O caso foi encaminhado ao Laboratório de Antropologia Forense do Centro de Medicina Legal (CEMEL), passando pelas etapas de limpeza manual, maceração e secagem. O exame antropológico forense estimou tratar-se de indivíduo humano incompleto, do sexo feminino, adulto (idade provavelmente superior a 60 anos), com estatura entre 153,3 e 170,2 cm (média de 161,7 cm), portador de processo osteoartrítico — possivelmente de etiologia autoimune — e edentulismo de longa data, com mandíbula atrófica. Ausentes lesões de interesse médico-legal. O IPM foi estimado em meses, provavelmente superior a seis meses, com causa *mortis* indeterminada. Foram coletadas amostras biológicas (janela óssea femoral) para confronto genético com material da filha biológica da pessoa supostamente desaparecida (*swab* de mucosa jugal), encaminhadas ao Núcleo de Biologia e Bioquímica do Instituto de Criminalística de São Paulo. Até a submissão deste trabalho, o resultado encontrava-se pendente, permanecendo o cadáver não identificado.



Figura 4. Estado avançado de decomposição, com topografias esqueletizadas, saponificadas e corificadas, sem presença de entomofauna, IPM estimado como de meses, provavelmente superior a seis meses

3.2. Comparação entre o modelo experimental e a casuística

O município de origem dos casos periciais e Brasília/DF, sede do CET/PF, apresentam clima tropical com verão chuvoso e inverno seco [17], o que viabiliza a comparação direta entre os modelos experimentais e a casuística real.

Em relação ao **Caso 1** (IPM 18-48 h, período de seca), o espécime experimental, também no período de seca, apresentou, no intervalo de 1 a 2 dias, fase gasosa com manchas de decomposição, porém em estágio mais inicial e com distribuição topográfica mais restrita do que o caso pericial.

Por volta do 6º dia, a aparência do espécime aproximou-se dos achados necroscópicos do caso real, sem registro de entomofauna em ambos os cenários nos intervalos descritos (Fig. 5).

Em relação ao **Caso 2** (IPM 72-120 h, período de chuva), o espécime experimental, também no período de chuva, apresentou, no 3º dia, putrefação em estágio mais inicial e com manchas mais restritas topograficamente do que o caso real. Entre o 4º e o 7º dia, os achados aproximaram-se dos do caso pericial em 72-120 h, com presença de entomofauna em ambos os cenários (Fig. 6). A partir do 8º dia, o espécime já apresentava topografias marcadas por consumo entomológico. O ambiente simulado evidenciou lentificação da marcha da putrefação no período de chuva, em consonância com o relatado por Centeno *et al.* [11] e Anderson [14].

Em relação ao **Caso 3** (IPM provavelmente superior a seis meses, período de seca), o espécime experimental — também no período de seca — apresentou atividade de entomofauna do 7º ao 15º dia, com estabilização da decomposição no 16º dia, restando topografias corificadas, momento em que o acompanhamento foi cessado (Fig. 7). No caso pericial correspondente, no momento da remoção, já não havia atividade de entomofauna, observando-se topografias corificadas, saponificadas e esqueletizadas — cenário compatível com a estabilização tardia observada no modelo experimental, ainda que em escala temporal substancialmente superior.

3.3. Efeito da restrição parcial à entomofauna

Os achados experimentais demonstraram que a restrição parcial à entomofauna, mediante cobertura com tela mosquiteiro, não impediu a decomposição, mas foi capaz de lentificá-la consideravelmente. Enquanto o espécime com livre acesso já apresentava topografias marcadas por consumo entomológico, o espécime com restrição parcial mantinha-se em estágios mais iniciais de putrefação no mesmo intervalo temporal (Fig. 8). Tal observação corrobora estudos prévios que apontam a importância da barreira física no comportamento da fauna necrófaga e na progressão da decomposição em ambientes confinados [13, 14].

3.4. Aplicabilidade e limitações

O modelo experimental demonstrou relevante similaridade com cenas reais de ambiente interno, sobretudo no que se refere à progressão das fases de decomposição, à influência da ventilação limitada e ao padrão de atuação da entomofauna. A reprodução de um ambiente fechado permitiu observar fenômenos compatíveis com a casuística pericial, como a lentificação da decomposição e a variabilidade na colonização por insetos, reforçando a aplicabilidade do modelo para a interpretação de achados forenses.

Entre as principais limitações, destacam-se o número reduzido de espécimes, a utilização de modelo animal em substituição ao humano e a impossibilidade de reproduzir integralmente a complexidade das cenas reais — que envolvem múltiplas variáveis, como hábitos de vida, condições clínicas prévias, vestimentas e características estruturais do ambiente. Adicionalmente, o tempo de acompanhamento limitado pode não contemplar estágios mais avançados da decomposição, especialmente em casos de IPM longo, como o Caso 3.

Os achados contribuem para o aprimoramento da estimativa do IPM em ambientes internos, ao evidenciar o impacto da entomofauna e das condições ambientais sobre a decomposição. O estudo reforça a importância de uma abordagem integrada entre Antropologia Forense, Tafonomia Forense e Entomologia Forense, oferecendo subsídios técnicos para a interpretação de cenas de morte em contextos de confinamento e para a tomada de decisão pericial.

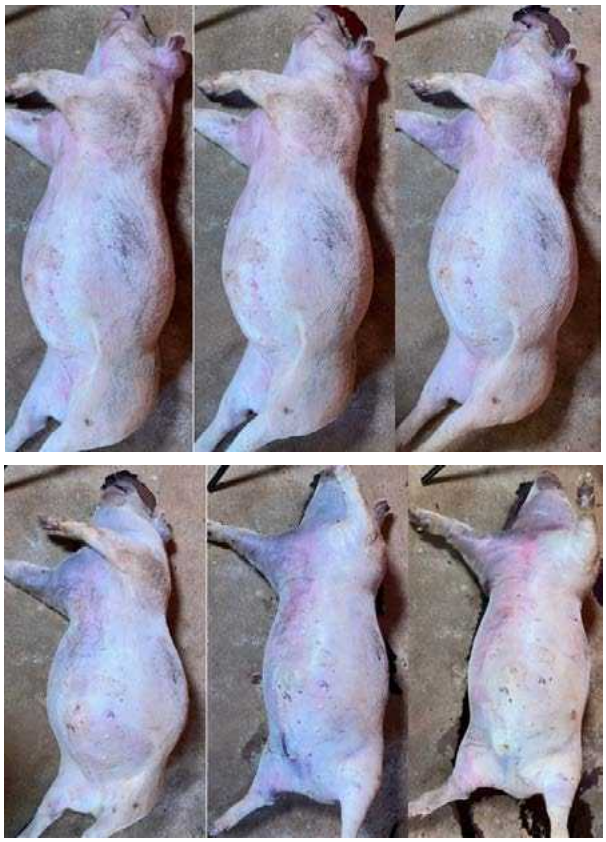


Figura 5. *Sus scrofa domesticus* em ambiente interno simulado, período de seca, do 1º ao 6º dia





Figura 6. *Sus scrofa domesticus* em ambiente interno simulado, período de chuva, do 4º ao 7º dia



Figura 7. *Sus scrofa domesticus* em ambiente interno simulado, período de seca, 7º e 15º dias



Figura 8. *Sus scrofa domesticus* em ambiente interno simulado, período de chuva, 10º dia, livre acesso de entomofauna e isolamento parcial por meio de cobertura com voal

4. CONCLUSÕES

O intervalo *post mortem* permanece como tópico das Ciências Forenses com importantes lacunas de conhecimento, com implicações diretas para a Antropologia Forense, a Tafonomia Forense, a Entomologia Forense e a reconstrução do evento morte. Os casos apresentados demonstram como a interface entre esses saberes é determinante na prática pericial, especialmente em situações em que existe ampla janela temporal entre o óbito e o início dos exames periciais. Os resultados experimentais evidenciaram que a restrição parcial à entomofauna lentifica significativamente a decomposição, e que o modelo simulado guarda similaridade qualitativa com a casuística regional, firmando-se como subsídio relevante para a robustez do processo penal, para a garantia da Justiça enquanto fundamento do Estado de Direito e para a salvaguarda da dignidade humana e do direito à identificação.

AGRADECIMENTOS

Este projeto foi concretizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, através da Chamada CNPq/MCTI/FNDCT Nº 18/2021 - Faixa A - Grupos Emergentes, Processo 422805/2021-1, intitulado “Estudo dos processos de decomposição para emprego em casos forenses: um experimento tafonômico brasileiro”, pela bolsa de Pós-doutorado júnior (PDJ) número 171765/2023-0, através da chamada PDJ 2023 - CNPq nº 32/2023, e PIBIC CEUB PIC_PIBIC_122.

Adicionalmente, foi apoiado logisticamente pelo Centro de Estudos Tafonômicos da Polícia Federal,

pelo Instituto Nacional de Criminalística da Diretoria Técnico-Científica da Polícia Federal (INC/DITEC/PF), Academia Nacional de Polícia da Diretoria de Ensino (DIREN-ANP/PF), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Grupo de Pesquisa em Antropologia Forense e Identificação de Pessoas (DIREN-ANP / CNPq) e apoiado também por pesquisadores, servidores federais e estaduais, e alunos de várias regiões e instituições do Brasil.

Os pesquisadores agradecem também à Superintendência de Polícia Técnico Científica de São Paulo, ao Instituto Médico-Legal de Ribeirão Preto e ao Laboratório de Antropologia Forense do Centro de Medicina Legal (CEMEL), pela disposição em colaborar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] I.A. Efremov. Taphonomy: a new branch of paleontology. *Pan-American Geologist* **74**: 81-93 (1940).

[2] A.E. Rattenbury. Forensic Taphonomy. *Forensic Ecogenomics*, Academic Press, United Kingdom (2018) 37-59.

[3] W.D. Haglund; M.H. Sorg. *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*, CRC Press, United States of America (1997).

[4] J.H. Byrd; J.L. Castner. *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*, CRC Press, United States of America (2001).

[5] E.M.J. Schotsmans; N. Márquez-Grant; S.L. Forbes. *Taphonomy of Human Remains: Forensic Analysis of the Dead and the Depositional Environment*, John Wiley & Sons, United Kingdom (2017).

[6] A.S. Ceciliason; M.G. Andersson; A. Lindström; H. Sandler. Quantifying human decomposition in an indoor setting and implications for postmortem interval estimation. *Forensic Science International* **283**: 180-189 (2018).

[7] A. Galloway; W.H. Birkby; A.M. Jones; T.E. Henry; B.O. Parks. Decay rates of human remains in an arid environment. *Journal of Forensic Sciences* **34**: 607-616 (1989).

[8] M.L. Goff. Comparison of insect species associated with decomposing remains recovered inside dwellings and outdoors on the island of Oahu, Hawaii. *Journal of Forensic Sciences* **36**: 748-753 (1991).

[9] G.T. Ritchie. *A comparison of human decomposition in an indoor and an outdoor environment*. Dissertação de Mestrado, Department of Anthropology, University of Tennessee (2005).

[10] D.L. Cockle. *Human decomposition and the factors that affect it: a retrospective study of death scenes in Canada*. Tese de Doutorado, Department of Archaeology, Simon Fraser University (2013).

[11] N. Centeno; M. Maldonado; A. Oliva. Seasonal patterns of arthropods occurring on sheltered and unsheltered pig carcasses in Buenos Aires Province (Argentina). *Forensic Science International* **126**: 63-70 (2002).

[12] J. Amendt; R. Krettek; R. Zehner. Forensic entomology. *Naturwissenschaften* **91**: 51-65 (2004).

[13] J.L.O. Pohjoismäki; P.J. Karhunen; S. Goebeler; P. Saukko; I.E. Sääksjärvi. Indoors forensic entomology: colonization of human remains in closed environments by specific species of sarcosaprophagous flies. *Forensic Science International* **199**: 38-42 (2010).

[14] G.S. Anderson. Comparison of decomposition rates and faunal colonization of carrion in indoor and outdoor environments. *Journal of Forensic Sciences* **56**: 136-142 (2011).

[15] B. Aydin; M.A. Çolak; H. Arslan; M. Asirdizer. Consistency of postmortem interval estimations of physicians using only postmortem changes of putrefied dead bodies. *American Journal of Forensic Medicine and Pathology* **31**: 243-246 (2010).

[16] P. Saukko; B. Knight. *Knight's Forensic Pathology*, 4ª ed., CRC Press, United Kingdom (2015).

[17] Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). *Banco de Dados Meteorológicos*, INMET, Brasília (2026). Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/. Acesso em 23/04/2026.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Psicopatia e Imputabilidade Penal: Limites da Perícia Psiquiátrica

R. B. Muller[a], S. I. D. R. Schneider[a], A. C. Lüdkte[a], F. Cavinatto[a], J. G. Guimarães[a], T. Cazer[a], S. L. Guterres[a,b*]

[a]*Universidade Luterana do Brasil, ULBRA, Canoas (RS), Brasil*
[b]*Instituto Geral de Perícias do RS, Polícia Técnico científica, Porto Alegre (RS), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: silvia.guterres@ulbra.br tel: +55-51-99347-2761*

Palavras-chave: Imputabilidade Penal; Psicopatia; Perícia Forense

1. INTRODUÇÃO

A psicopatia é caracterizada por traços de personalidade como manipulação, frieza emocional, comportamento antissocial e ausência de empatia. Cabe destacar que a discussão aqui proposta refere-se especificamente aos indivíduos psicopatas que cometeram atos ilícitos de natureza penal, uma vez que nem toda pessoa com psicopatia pratica condutas criminosas. Trata-se de um fenômeno amplamente estudado na atualidade por diferentes áreas do conhecimento, como a psiquiatria, neurologia, psicanálise e pelo direito, em razão das dificuldades existentes em estabelecer, de forma consensual, o enquadramento jurídico desses indivíduos como inimputáveis, semi-imputáveis ou imputáveis, bem como determinar se os psicopatas possuem plena capacidade de compreender suas ações e as implicações legais decorrentes delas [1].

No âmbito do Direito Penal, essa discussão ganha relevância ao se analisar o conceito de imputabilidade penal, entendido como a capacidade do agente de compreender o caráter ilícito de sua conduta e de agir conforme esse entendimento. No ordenamento jurídico brasileiro, o Artigo 26 do Código Penal estabelece que é isento de pena o indivíduo que, por doença mental ou desenvolvimento mental incompleto ou retardado, seja inteiramente incapaz de entender o caráter ilícito do fato ou de determinar-se de acordo com esse entendimento. Dessa forma, a análise da imputabilidade está diretamente relacionada à avaliação das condições psíquicas do indivíduo no momento da prática do delito [2].

A psicopatia exibe ao menos três traços de Transtorno de Personalidade Antissocial que afeta aproximadamente 1% da população mundial e está associada a disfunções em estruturas cerebrais como o córtex pré-frontal, responsável pela empatia e pelo sentimento de culpa, e a amígdala, responsável pelo medo, ansiedade e controle da agressividade. Deve-se ficar claro que nem toda pessoa com transtorno de personalidade é psicopata. Com base nessas características, observa-se que indivíduos com psicopatia podem apresentar dificuldades na realização de julgamentos morais e na avaliação das consequências de suas condutas. Esse cenário torna mais complexa a atuação da perícia psiquiátrica na análise desses indivíduos, especialmente na identificação do grau de responsabilização penal que pode ser atribuído a eles tendo em vista o Código Penal Brasileiro [3]. É imprescindível que exista a responsabilidade penal dos psicopatas criminosos para o exercício do ius puniendi estatal (direito de punir do estado), a fim de determinar a melhor sanção para estes indivíduos.

Diante desse cenário, a perícia psiquiátrica forense assume um papel fundamental na análise das condições mentais do acusado, auxiliando o Poder Judiciário na tomada de decisões relacionadas à responsabilidade penal. Entretanto, a própria natureza da psicopatia levanta questionamentos acerca dos limites da avaliação pericial e de sua capacidade de determi-

nar, com precisão, o grau de responsabilidade penal desses indivíduos.

2. OBJETIVO

Descrever os limites da perícia psiquiátrica-forense - já estudados e descritos na literatura - na avaliação da imputabilidade penal em indivíduos com psicopatia.

3. MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa qualitativa baseada em revisão bibliográfica realizada no período de fevereiro a abril de 2026, por meio de pesquisas nas bases de dados: *PubMed*, *Google Scholar* e SciELO. A estratégia de busca utilizou os descritores em português e em inglês: "Imputabilidade penal"; "Perícia psiquiátrica forense" e "Transtorno de personalidade antissocial", "*Criminal liability"; "Forensic psychiatric examination"; and "Antisocial personality disorder*". Os critérios de inclusão para este estudo foram: artigos nos idiomas português e inglês; publicados no período de 2016 a 2026; estudos que abordavam a psicopatia no contexto da imputabilidade penal, com enfoque na avaliação pericial psiquiátrica forense e em seus limites na determinação da responsabilidade penal, disponibilizados na íntegra.

Os critérios de exclusão para este estudo foram: artigos duplicados, disponibilizados na forma de resumo, que não abordavam diretamente a proposta estudada e que não atendiam aos demais critérios de inclusão.

Após a aplicação dos critérios de seleção, restaram quatorze artigos, que foram submetidos à leitura minuciosa para a coleta, análise e organização dos dados de forma descritiva.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De forma geral, os estudos demonstraram divergências nas áreas jurídica e psiquiátrica relacionadas à responsabilização de indivíduos com psicopatia. A psicopatia, em particular, constitui um tipo complexo de desordem moral e um desafio ao sistema de justiça criminal. Os estudos apontaram que, apesar desse transtorno ser associado ao Transtorno de Personalidade Antissocial, o psicopata mantém preservadas suas capacidades cognitivas, entendendo que seus atos tem caráter ilícito, o que dificulta sua classificação como inimputável nos termos do Artigo 26 do Código Penal [4].

Nesse contexto, diversos autores defendem que indivíduos com psicopatia devem ser considerados imputáveis, pois possuem consciência de suas ações e conseguem planejar seus crimes, ainda que apresentem déficits de empatia. Porém, alguns estudos afirmam que determinadas características neuropsicológicas da psicopatia, como alterações no processamento emocional e no julgamento moral, podem influenciar o comportamento e reduzir, parcialmente, a capacidade de autodeterminação, trazendo a possibilidade de semi-imputabilidade em casos que haja comprovação pericial de prejuízo relevante na capacidade de determinação do indivíduo [5,6,7].

Outro ponto recorrente nos estudos analisados refere-se ao papel da perícia psiquiátrica forense. Foi destacado que o laudo pericial é um elemento essencial para auxiliar o magistrado na avaliação da imputabilidade, mas também evidenciou as limitações metodológicas e diagnósticas desse documento. A psicopatia não é classificada como doença mental no sentido clássico e, portanto, normalmente não atende aos critérios legais para a exclusão da culpabilidade [8].

Além disso, pesquisas empíricas sobre perícias de imputabilidade demonstram que grande parte dos indivíduos avaliados mantém a capacidade de entendimento e de determinação preservadas, o que reforça a tendência de responsabilização penal na maioria dos casos analisados no contexto forense [8].

Atualmente há uma divergência quanto à responsabilidade criminal do psicopata. Parte da doutrina jurídica entende que o psicopata se trata de um ser semi- imputável, enquanto outra parte da doutrina defende que o psicopata se trata de um ser totalmente imputável. Observa-se que na esfera penal, o juiz sempre ao julgar um caso faça prévia análise psicológica e psiquiatra do acusado. Uma vez que o agente possui total consciência de seus atos, esse pode simular enfermidades que o qualifiquem como semi-imputável, devendo ser instaurado exame criminológico, o qual estuda o sujeito durante o seu momento delinquente. Na esfera médica legal é necessário o desenvolvimento de novas políticas criminais aos criminosos psicopatas, devendo haver consenso entre os psiquiatras capacitados na área de transtorno de personalidade para utilização de ferramentas para a avaliação e identificação do psicopata. É necessário distinguir a perícia de imputabilidade penal do objetivo do exame psiquiátrico assistencial, que objetiva a definição de diagnóstico nosológico, etiológico ou sindrômico para condução terapêutica e restauração das capacidades cognitivas, psicológicas e emocionais do doente, no limite possível. A perícia psiquiátrica forense segue o critério biopsicológico, onde "bio" se refere a algum transtorno mental e "psicológico" se refere à capacidade de

entendimento e de determinação em relação ao fato/crime. Para a constatação da semi-imputabilidade ou da inimputabilidade, não basta a existência do transtorno mental, sendo necessário que o transtorno mental tenha conexão com o fato, gerando prejuízo das capacidades de entendimento e/ou de determinação.

Tabela 1. Artigos selecionados sobre a imputabilidade penal e psicopatia

Artigo	Autores e Ano	Conclusão
[9]	França, 2018	O psicopata pode ser considerado como semi-imputável. No que diz respeito à imputabilidade, nos casos de transtorno da personalidade, a avaliação está em sua capacidade de entendimento, a qual tem como base a natureza das manifestações clínicas e na intensidade de seus sintomas. Antigamente no modelo penal de sistema do "duplo binário", eram consideradas as personalidades psicopáticas como inimputáveis, pelo equívoco de se imporem primeiro a pena e depois o tratamento em Casa de Custódia. Hoje, sob a vigência do sistema "vicariante" ou "unitário", defende-se que sejam consideradas semi-imputáveis, ficando sujeitas à medida de segurança por tempo determinado e a tratamento médico psiquiátrico, resguardando-se, assim, os interesses da defesa social e dando oportunidade de uma readaptação de convivência com a sociedade.
[8, 10]	Fontoura, 2024 Savazzonni et al, 2019	No campo médico psiquiátrico, reforça que a psicopatia não se enquadra no Artigo 26 do Código Penal e nem se trata de um caso de semi-imputabilidade. que a psicopatia não é um tipo de perturbação da saúde mental ou qualquer tipo de desenvolvimento mental incompleto ou retardado. Esse agente detém absoluta consciência da ilicitude da conduta e plena capacidade de autodeterminação, desrespeitando as regras sociais por mero desprezo aos outros homens. São apenas privados do senso ético e não nutrem remorso pela conduta lesiva, o que, por si só, não induz a inimputabilidade jurídica.
[11, 13]	Sousa, Pedroso, Queroz, 2024. Lima, Mesquita Junior, Veronese, 2023.	A imputabilidade concerne na possibilidade de atribuir sanção penal ao criminoso. Assim, o psicopata é plenamente imputável, de modo que não há dúvidas sobre a capacidade do psicopata de compreender e justificar sua sações. Concluiu-se que o psicopata é provido de total compreensão acerca de suasações, possibilitando sua imputação penal. O criminoso psicopata, é imputável, pois são considerados indivíduos com transtorno de personalidade antissocial, com personalidade amoral e plena clareza e planejamento de seus atos. É visto que estes agentes apresentam tem plena consciência de seus atos e não deve ser submetido a medida de segurança, pois são indivíduos que colocam em risco a sociedade e é dever do Estado dar uma resposta adequada a fim de permanecerem o tempo máximo de pena permitido, resguardado a dignidade da pessoa, longe da sociedade, para que não voltem a delinquir por suas características de reincidência.
[14]	Silva, 2008.	A parte racional ou cognitiva dos psicopatas é perfeita e íntegra, por isso sabem perfeitamente o que estão fazendo. Quando pensa-se em psicopatia, logo vem à mente um sujeito com cara de mau, truculento, de aparência descuidada, pinta de assassino e desvios comportamentais tão óbvios que poderíamos reconhecê-lo sem pestanejar. Essa percepção está equivocada uma vez que para reconhecê-los não é uma tarefa tão fácil quanto se imagina. Os psicopatas enganam e representam, possuem talentos teatrais e poder de convencimento são tão impressionantes que chegam a usar pessoas para atingir seus sórdidos objetivos, sem qualquer aviso prévio.
[4]	Pires, 2025	Entende-se que a psicopatia se apresenta em caráter de comorbidade com outras condições mentais que podem ocasionar a incapacidade de entendimento e/ou autodeterminação. Em relação a isso o juiz deve observar se há nexo de causalidade entre essa outra condição, diversa da psicopatia – como, por exemplo, o desenvolvimento mental retardado –, e a prática do crime, de modo a aplicar a medida de segurança ou causa de diminuição de pena se necessário.
[12]	Barcelos et al, 2020.	Estudo transversal foi verificado o perfil epidemiológico e o diagnóstico psiquiátrico dos indivíduos submetidos à perícia de imputabilidade penal no Instituto Médico Legal de Belo Horizonte (2014 a 2015), bem como avaliado os critérios de imputabilidade e os tipos penais mais comuns entre eles. Foram analisados 2.031 casos dos quais a maioria dos indivíduos era do sexo masculino e apresentava médias de 37,7 anos de idade e de 6,7 anos de estudos. Foram considerados dentro da normalidade psíquica 33,1% dos casos e 26,8% apresentaram transtorno psicotiforme. A inimputabilidade foi atribuída a 682 indivíduos e a semi-imputabilidade a 653. A capacidade de entendimento e de determinação foi considerada preservada em 56,4% em 34,3%, respectivamente. Os tipos penais mais comuns foram furto/roubo (30,7%), porte e tráfico de drogas (14,2%). Dentre os indivíduos com critérios de inimputabilidade houve maior proporção de homens, de solteiros, com maior idade média e com transtorno mental psicotiforme. O grupo com critérios de semi-imputabilidade apresentou maiores proporções de dependência toxicológica e de capacidade de determinação diminuída.

5. CONCLUSÃO

A análise da literatura evidenciou que a psicopatia representa um desafio significativo tanto para a psiquiatria, quanto para o Direito Penal. Embora indivíduos psicopatas apresentem déficits emocionais e traços de personalidade associados à conduta antissocial, a maioria dos estudos aponta que eles mantêm capacidade de compreender o caráter ilícito de suas ações, o que, em regra, os enquadra como imputações perante a legislação penal.

Nesse cenário, a perícia psiquiátrica forense desempenha papel fundamental ao fornecer subsídios técnicos ao Poder Judiciário. Contudo, seus limites tornam-se evidentes diante da complexidade diagnóstica da psicopata, da ausência de consenso científico absoluto sobre seu enquadramento clínico e da dificuldade em avaliar, de forma objetiva, o grau de comprometimento da capacidade de autodeterminação do indivíduo.

Assim, conclui-se que a imputabilidade penal de indivíduos com psicopatia deve ser analisada de forma individualizada, considerando não apenas o diagnóstico psiquiátrico, mas também a avaliação detalhada da capacidade de entendimento e de determinação no momento do delito. Ademais, torna-se necessário ampliar o diálogo interdisciplinar entre o direito e a psiquiatria e a psicologia forense, bem como incentivar novas pesquisas que possam aprimorar os critérios de avaliação pericial e contribuir para decisões judiciosas mais fundamentadas e justas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] FRANÇA, G. V. D *Medicina legal*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017. p. 1243–1325

[2] MOURA, E. R. D; *et al. Medicina legal: perícias, conceitos e reflexões*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2021. p. 319–328; 346–357.

[3] FIGUEIREDO, A. P. de. Psicopatia e direito penal: entre a imputabilidade, a responsabilidade moral e os desafios da lei. *Interference: A Journal of Audio Culture*, v. 11, n. 2, p. 7867–7891, 2025.

[4] PIRES, Gabriel, A IMPUTABILIDADE do psicopata frente ao art. 26 do Código Penal. *Revista do CAAP*, v. 30, n. 1, p. 1–27, 2025.

[5] CHAVES, L. L.; FERNANDES, R. A.; SILVA, V. S. F. A semi-imputabilidade do psicopata no direito penal brasileiro. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, 2023.

[6] FOX, A. R.; KVARAN, T. H.; FONTAINE, R. G. Psychopathy and culpability: how responsible is the psychopath for criminal wrongdoing? *Law & Social Inquiry*. Cambridge: Cambridge University Press, 2018.

[7] YODER, K. J.; DECETY, J. *The neuroscience of morality and social decision-making*. Psychol. Crime Law, v. 24, n. 3, p. 279-295, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1080/1068316X.2017.1414817. Acesso em: 26 abr. 2026.

[8] FONTOURA, L. R. T. Psicopatia e imputabilidade penal. *Revista Internacional de Vitimologia e Justiça Restaurativa*, 2024.

[9] FRANÇA, Genival Veloso de. *Fundamentos de medicina legal* / Genival Veloso de França. - 3. ed. - Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 2018, p. 383

[10] SAVAZZONI, Simone de Alcantara. *Psicopatas em conflito com a lei: cumprimento diferenciado de pena*. Curitiba: Juruá, 2019.

[11] SOUSA, D.; PEDROSO, J.; QUEROZ, C. A imputabilidade do psicopata no âmbito do direito penal brasileiro. 2024.

[12] BARCELOS, T. B. et al. Perícia de imputabilidade penal: estudo de 2.031 casos. *Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics*, 2020.

[13] LIMA, Simone de Jesus Teixeira; MESQUITA JÚNIOR, Armando Duarte; VERONESE, Daiane Zappe Viana. A psicopatia e a omissão do Código Penal: a influência na imputabilidade do agente criminoso. Salvador: Centro Universitário Nobre (UNIFAN), s.d. Disponível em: https://unifan.net.br/wp-content/uploads/2023/02/A-PSICOPATIA-E-A-OMISSAO-DO-CODIGO-PENAL-A-INFLUENCIA-NA-IMPUTABILIDADE-DO-AGENTE-CRIMINOSO.pdf. Acesso em: 26 abr. 2026.

[14] SILVA, Ana Beatriz B. *Mentes perigosas: o psicopata mora ao lado*. Rio de Janeiro: Fontanar, 2008.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Síndrome compartimental em criança após fratura: relato de caso com desfecho grave e discussão médico-legal

M. L. Z. Lise[a,b], D. Durão[c,d], L. S. Galloni[a], A. F. Michelin[a,b]

[a]*Instituto Geral de Perícias do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, (RS), Brasil*
[b]*Associação Brasileira de Médicos Legistas, Brasil*
[c]*Serviço de Ortopedia do Hospital Vila Franca de Xira, Portugal*
[d]*Instituto Nacional de Medicina Legal e Ciências Forenses, Portugal*
**Endereço de e-mail para correspondência: dramizini@yahoo.com.br. Telefone: +5551995521094.*

Palavras-chave: Síndrome compartimental; Ortopedia pediátrica; Medicina legal; Fratura do rádio; Amputação.

1. INTRODUÇÃO

A síndrome compartimental aguda (SCA) é uma emergência médica decorrente do aumento da pressão em compartimentos osteofasciais fechados, levando à redução da perfusão tecidual, isquemia muscular e neural, podendo evoluir para necrose, amputação e morte **[1,2]**. Em crianças, trata-se de condição rara e de difícil reconhecimento **[2,3]**. A ocorrência de SCA após fraturas do antebraço encontra-se bem descrita na literatura, constituindo a localização mais frequente da síndrome na extremidade superior pediátrica **[4–6]**. O atraso no diagnóstico e no tratamento está associado a importantes repercussões funcionais, psicológicas e médico-legais **[7,8]**.

2. OBJETIVO

Relatar um caso de síndrome compartimental aguda em paciente pediátrico após fratura diafisária de rádio e ulna tratada conservadoramente, que evoluiu para sepse e amputação do membro superior, discutindo os fatores relacionados ao atraso diagnóstico, suas repercussões clínicas e as implicações médico-legais.

3. RELATO DO CASO

Paciente masculino, 12 anos, hígido, morador de área rural, sofreu queda da própria altura com trauma no membro superior esquerdo. Foi atendido em hospital regional, por ortopedista, com diagnóstico de fratura do terço médio do rádio e da ulna esquerdos Fig. 1, com tratamento conservador por redução e imobilização gessada. Dois dias após o trauma, realizou atendimento clínico por dor persistente, febre, vômitos recebendo manejo sintomático e alta. Dois dias depois, realizou avaliação ortopédica com manutenção dos sintomas e piora do edema, sendo submetido à troca da imobilização gessada por gesso circular. No quinto dia após o trauma, apresentou odor fétido no membro, áreas de necrose e sinais de comprometimento vascular, sendo submetido à fasciotomia de urgência por ortopedista e transferência para hospital terciário. Evoluiu com necrose muscular extensa e necessidade de amputação transumeral alta do membro superior esquerdo, além de sepse, pneumonia, derrame pleural e longa internação em unidade de terapia intensiva. Vem em acompanhamento multiprofissional, com fisioterapia, suporte psicológico e manejo de dor fantasma. O caso foi encaminhado para avaliação médico-legal.



Figura 1. Raio-X: Fratura diafisária dos ossos do antebraço (rádio e ulna).

4. DISCUSSÃO

O antebraço constitui o local mais frequente de síndrome compartimental na extremidade superior pediátrica **[4–6]**. O diagnóstico permanece predominantemente clínico, sendo fundamentais sinais como dor desproporcional, necessidade crescente de analgesia, edema progressivo, parestesia e piora funcional. Após adequada redução e imobilização da fratura, espera-se melhora progressiva da dor, sendo a dor intensa, persistente ou a necessidade crescente de analgesia importantes sinais de alerta para síndrome compartimental **[1,3,6]**. A ausência de pulso é um achado tardio e não deve retardar a indicação de fasciotomia **[1,6]**. A literatura demonstra que atrasos superiores a seis horas aumentam significativamente o risco de necrose irreversível e amputação **[2,7]**. Sob o enfoque pericial, o caso evidencia possíveis oportunidades perdidas para o reconhecimento da síndrome compartimental e prevenção do desfecho mutilador, destacando a necessidade de vigilância clínica contínua em crianças submetidas à imobilização ortopédica **[8,10]**.

5. CONCLUSÃO

A síndrome compartimental aguda em crianças exige elevado grau de suspeição clínica, especialmente após fraturas do antebraço, uma vez que o diagnóstico é predominantemente clínico e sua evolução pode ser rápida e irreversível. O presente relato demonstra que a não valorização de sinais de alerta, como dor desproporcional, necessidade crescente de analgesia, edema progressivo e déficit funcional, oderetardar a realização da fasciotomia e culminar em amputações potencialmente evitáveis.

O caso reforça a necessidade de protocolos assistenciais rigorosos, reavaliações clínicas seriadas e remoção imediata da imobilização diante de suspeita de síndrome compartimental, permitindo exame completo do membro acometido. Sob a perspectiva médico-legal, evidencia a importância da análise cronológica das oportunidades diagnósticas e do estabelecimento do nexo causal entre a evolução clínica, as condutas assistenciais adotadas e o desfecho, contribuindo para o adequado esclarecimento técnico dos fatos.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Marcelo Cardoso Barros pela análise radiológica do caso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia (SBOT). Manual de Trauma Ortopédico. São Paulo: SBOT; 2011.

[2] Davidson AL, Sutherland MA, Siska RC, Janis JE. Practical Review on the Contemporary Diagnosis and Management of Compartment Syndrome. Plast Reconstr Surg Glob Open. 2024;12(3):e5637.

[3] Bae DS. Acute Compartment Syndrome in Children: Contemporary Diagnosis, Treatment, and Outcomes. J Pediatr Orthop. 2011;31(Suppl 1):S68-S74.

[4] Botte MJ, Gelberman RH. Acute compartment syndrome of the forearm. Hand Clin. 1998;14(3):391-403.

[5] Grottkau BE, Epps HR, Di Scala C. Compartment syndrome in children and adolescents. J Pediatr Surg. 2005;40(4):678-682.

[6] Kadiyala RK, Waters PM. Upper extremity pediatric compartment syndromes. Hand Clin. 1998;14(3):467-475.

[7] Sert G, Menku Ozdemir FD, Uzun O, Üstün GG. The effect of time from injury to fasciotomy in patients with acute upper extremity compartment syndrome. Ulus Travma Acil Cerrahi Derg. 2024;30(3):203-209.

[8] Flynn JM, Shah AS, Brusalis CM. Acute Compartment Syndrome of the Upper Extremity in Children: Current Concepts. J Am Acad Orthop Surg. 2010;18(7):395-401.

[9] Brasil. Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940. Código Penal. Diário Oficial da União. Rio de Janeiro; 1940.

[10] Brasil. Conselho Federal de Medicina. Parecer CFM nº 19/1999 (Processo-Consulta CFM nº 7.401-A/98). Brasília: CFM; 1999.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Padronização Metodológica de Procedimento Minimamente Invasivo em Casos de Autópsia

L. L. R. Lima[1,*], A. L. L. Patti[2], L. S. D. Silva[3], G. A. P. Gomes[4], M. S. Silva[5], J. T. Filho[6], P. H. N. Saldiva[6], A. C. M. Malinverni[5], E. S. M. Iwamura[5]

[1]*Pós graduação em Patologia - Universidade Federal de São Paulo, Brasil*
[2]*Pós graduação em Medicina Translacional - Universidade Federal de São Paulo, Brasil*
[3]*Departamento de Diagnóstico por Imagem, Graduação - Universidade Federal de São Paulo, Brasil.*
[4]*Escola Paulista de Enfermagem, Graduação - Universidade Federal de São Paulo - São Paulo, Brasil.*
[5]*Laboratório de Patologia Molecular e Experimental I, Laboratório de Patologia Forense, Universidade Federal de São Paulo – São Paulo, Brasil.*
[6]*Departamento de Patologia, Serviço de Verificação de Óbitos da Capital, Universidade de São Paulo - São Paulo, Brasil.*
**Endereço de e-mail para correspondência: lara.rebelo@unifesp.br Tel.: +55-11 93018-3838.*

Palavras-chave: Procedimento minimamente invasivo, Procedimento Operacional Padrão, Ultrassonografia.

1. INTRODUÇÃO

A prática da autópsia, cujo registro histórico remonta à antiguidade com o exame do cadáver de Júlio César, fundamenta-se na investigação da *causa mortis* e de suas circunstâncias, abrangendo tanto a esfera médico-legal quanto civil para o estudo de processos patológicos e epidemiológicos[1]. No entanto, a sua execução permanece como objeto de amplos debates em razão da natureza invasiva do procedimento, a qual é permeada por barreiras de ordem1 religiosa, ética, psicológica e social[1].

Ademais, a viabilidade da autópsia convencional pode ser comprometida, como em cenários de elevado risco de contaminação ocupacional por agentes biológicos. Durante a crise sanitária da COVID-19, tal prática foi desaconselhada pela Associação Brasileira de Medicina Legal e Perícias Médicas, fundamentando-se na acentuada taxa de transmissão viral vigente no período[2]. Conforme ilustrado na Imagem[1], que apresenta o levantamento de exames necroscópicos realizados entre 1991 e 2023 no Serviço de Verificação de Óbitos da Capital (SVOC-HC), observa-se um declínio substancial no volume de procedimentos a partir de 3 2020, coincidindo com a eclosão da pandemia no Brasil[3].

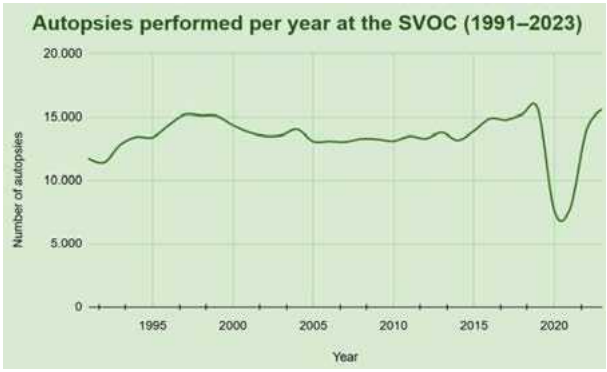


Figura 1. Gráfico representando o número de autópsias realizadas no Serviço de Verificação de Óbitos da Capital (SVOC) em São Paulo, Brasil, entre 1991 e 2023. Fonte: Serviço de Verificação de Óbitos.

Nesse contexto, estratégias alternativas não invasivas têm adquirido crescente relevância, destacando-se a virtópsia. Tal metodologia fundamenta-se no emprego de tecnologias de diagnóstico por imagem, como a ressonância magnética e a tomografia computadorizada, como ferramentas para a investigação da *causa mortis*[2]. Em vertentes metodológicas minimamente invasivas, o procedimento é realizado por meio de punções com agulhas de biópsia para a extração de fragmentos teciduais destinados a análises subsequentes[4]. Embora não se constitua um substituto definitivo para a autópsia convencional, esta técnica apresen-

ta-se como um complemento ao exame necroscópico, proporcionando vantagens que abrangem desde a avaliação de fraturas em perícias médico-legais até o estudo de condições patológicas específicas, além da redução do risco de contaminação ocupacional, entre outras aplicabilidades[1,4].

A presente pesquisa tem por objetivo padronizar as coletas de amostras de fígado e músculo estriado esquelético femoral *post mortem* de quatro indivíduos falecidos oriundos do Sistema de Verificação de Óbitos da Capital de São Paulo, com finalidade de elaboração de um Protocolo Operacional Padrão para a realização do procedimento minimamente invasivo.

2. OBJETIVOS GERAIS

Padronizar a coleta minimamente invasiva de tecido hepático e músculo estriado esquelético femoral através de biópsia guiada por ultrassonografia portátil.

2.1 Objetivos específicos

- Coletar cinco amostras de fígado e cinco amostras de músculo estriado esquelético femoral de cada um dos quatro indivíduos através de agulha de biópsia do tipo *Tru-Cut* guiada por ultrassom portátil;
- Validar a utilização do método e padronizar as coletas;
- Realizar um Protocolo Operacional Padrão (POP), oferecendo cuidados de biossegurança e uma base metodológica para coletas futuras.

3. METODOLOGIA

Estudo com aprovação do comitê de ética em pesquisa da Unifesp (CAAE: 78461924.4.0000.5505). Os critérios de inclusão dos indivíduos foram idade igual ou superior a 18 anos, aceite da família via Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e óbito hospitalar conhecido ocorrido em menos de 24h ao momento da coleta. A coleta ocorreu no Sistema de Verificação de Óbitos da Capital de São Paulo do Hospital das Clínicas (SVOC-HC) em quatro indivíduos oriundos de serviços de saúde que foram encaminhados ao SVOC para realização de exame necroscópico. As coletas foram realizadas com o auxílio do ultrassom portátil *Mobissom Mduo 2 em 1*, com transdutor convexo de 90 a 305 mm de profundidade e linear com 0 a 100 mm de profundidade. O transdutor convexo foi utilizado para a retirada de fragmentos hepáticos e o transdutor linear para coletar as amostras de músculo esquelético femoral. A agulha utilizada foi a agulha semiautomática do tipo *Tru-Cut*. Foram coletadas cinco amostras de fígado e do músculo estriado esquelético femoral, totalizando 10 amostras por indivíduo e 40 amostras no total. As amostras obtidas foram acondicionadas em tubos de 2 ml.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para coletas hepáticas, o transdutor convexo, de maior profundidade, foi posicionado na orientação longitudinal em relação ao corpo, na porção anterior do lado direito do tronco do indivíduo, de acordo com a posição anatômica do fígado. Após a localização do órgão-alvo com a utilização da imagem, a agulha de coleta foi inserida aproximadamente na metade do transdutor, com leve angulação, com a agulha direcionada para baixo, conforme a figura 2 e 3.



Figura 2. Imagem ilustrativa do procedimento minimamente invasivo guiado por ultrassom para coleta hepática. Imagem gerada por IA (Gemini Pro).



Figura 3. Imagem capturada da ultrassonografia hepática com transdutor convexo e inserção da agulha de biópsia na posição estabelecida.

Na coleta dos fragmentos de músculo estriado esquelético, o transdutor foi posicionado em orientação longitudinal crânio-caudal, sendo a agulha de biópsia inserida em plano horizontalizado para a obtenção das amostras, de acordo com as imagens 4 e 5.



Figura 4. Imagem ilustrativa do procedimento minimamente invasivo guiado por ultrassom para coleta músculo-esquelética. Imagem gerada por IA (Gemini Pro).

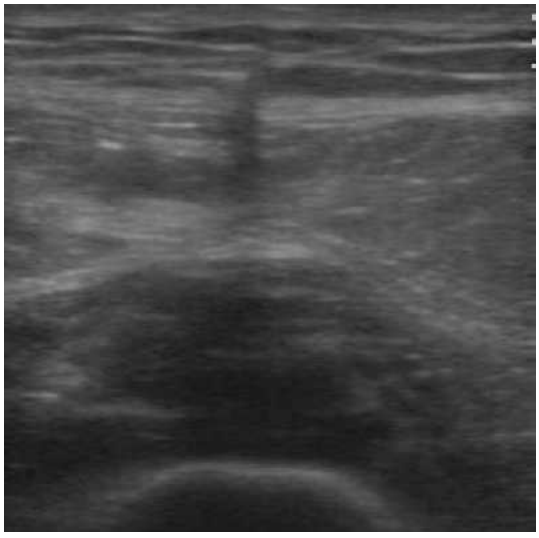


Figura 5. Imagem capturada da ultrassonografia músculo-esquelética femoral com transdutor linear e inserção da agulha de biópsia na posição estabelecida.

A padronização dos procedimentos foi mantida quanto ao posicionamento do transdutor e ao ponto de inserção da agulha; contudo, a profundidade de punção apresentou variações decorrentes das especificidades anatômicas de cada indivíduo, como biotipo, peso e altura (Tabela 1).

Os dados antropométricos relativos ao peso e à estatura dos indivíduos são extraídos dos registros de óbito fornecidos pelo serviço. O índice de massa corporal (IMC) foi calculado mediante a aplicação da fórmula convencional.

Tabela 1. Tabela dos dados antropométricos e inserção da agulha de biópsia de cada indivíduo.

	Indivíduo 1	Indivíduo 2	Indivíduo 3	Indivíduo 4
Altura (cm)	169	165	151	161
Peso (Kg)	70	122	52	70
IMC (kg/m²)	24,5	42.21	22,8	27,0
Inserção da agulha no Fígado (cm)	8	12	8	8
Inserção da agulha no músculo femoral (cm)	8	12	10	8

Nesse sentido, embora a limitação amostral impeça a formulação de conclusões estatísticas definitivas, observou-se preliminarmente que a profundidade de inserção da agulha de biópsia foi superior no indivíduo com maior índice de massa corporal, em contraste com os indivíduos que apresentaram menor peso e IMC.

A partir do desenvolvimento desta pesquisa, foi viabilizada a estruturação de um Protocolo Operacional Padrão (POP) voltado à coleta das amostras e segurança quanto ao manejo correto, organizado conforme as diretrizes a seguir:

Antes da coleta:

1. Paramentar-se para coleta no SVO. Utilizar luvas, máscara, touca, avental privativo, capote, botas impermeáveis e, se disponíveis, óculos de proteção.
2. Verificar se o cadáver está disponível para coleta (se houve consentimento da família por TCLE);
3. Registrar as informações presentes na etiqueta de identificação (geralmente localizada nos pés) como sexo, idade, altura, peso, número do prontuário, local do óbito, horário de entrada no SVO.
4. Registrar qualquer particularidade identificada no cadáver, como presença de amputações, pigmentação da pele, cicatrizes aparentes de cirurgias prévias, entre outras.
5. Verificar as etiquetas nos tubos com os dados da planilha de identificação do cadáver.
6. Separar os materiais necessários para coleta guiada: agulha do tipo *Tru-Cut*, passador, ultrassom portátil e tablet para visualização das imagens.
7. Conectar o tablet ao aparelho transdutor e verificar se este encontra-se carregado.

Coleta guiada por ultrassom:

1. Localizar o fígado utilizando o transdutor convexo na região lateral direita no corpo, seguindo a mesma linha do mamilo.

2. Após posicionado o ultrassom na posição horizontal em relação ao corpo, a agulha deve ser inserida (vide parágrafo: manejo da agulha) seguindo como base o meio do transdutor. Certifique-se que a agulha não irá de encontro com nenhuma costela.
3. Após a agulha estar posicionada no fígado, os fragmentos podem ser coletados e acondicionados nos devidos tubos (vide parágrafo: manejo da agulha). Devem ser coletados, no mínimo, dois fragmentos inteiros ou, no máximo, cinco fragmentos por tubo.
4. Localizar o músculo femoral com o auxílio do transdutor linear. Inserir a agulha verticalmente, perpendicular à coxa, até a segunda marcação da agulha. Após inserida, posicionar a ponta na direção cranial fazendo um ângulo de 45º, aproximadamente, da agulha em relação à perna. Inserir a agulha, aumentando a profundidade até a quarta marcação. Realizar a primeira coleta e conferir se o material corresponde ao tecido muscular ou ao tecido adiposo.
5. Caso seja coletado material adiposo em excesso, a agulha deve ser introduzida novamente com mais profundidade.
6. Devem ser coletados, no mínimo, dois fragmentos inteiros ou, no máximo, cinco fragmentos por tubo (vide parágrafo terceiro: manejo da agulha).
7. Após o término da coleta, higienize o aparelho ultrassonográfico com água e detergente enzimático, sem realizar movimentos de fricção. **Nunca** utilize álcool em gel ou álcool 70% para higienização do ultrassom.

Manejo da agulha:

1. Para a realização do disparo da agulha e da coleta da amostra, primeiro deve-se introduzir o passador em direção ao tecido desejado. Em seguida, a agulha guia deve ser desrosqueada, deixando apenas a cânula inserida. Por fim, a agulha tru cut deve ser inserida.
2. É importante salientar que, em hipótese alguma, as mãos devem ficar em direção à ponta da agulha para evitar acidentes. Para introduzir a agulha na cânula, deve-se segurar no corpo da agulha e nunca na cânula.
3. Assim que introduzida a agulha tru cut, o disparo deve ser realizado apertando o dispositivo verde até ouvir um 'click'. Então, para a coleta da amostra, a agulha deve ser retirada da cânula e, com a ponta em direção ao chão, o dispositivo verde deve ser puxado para trás até ouvir dois 'clicks'.
4. Por fim, o dispositivo deve ser empurrado para frente delicadamente para expor a amostra.. O dispositivo deve ser acionado com cautela para a exposição da amostra, permitindo que outro membro da equipe realize a captação e o devido acondicionamento em tubos contendo formol.

O processamento das amostras biológicas obtidas dos quatro indivíduos resultou na confecção de 40 blocos de parafina, os quais serão submetidos a futuras análises.

5. CONCLUSÃO

A investigação pôde demonstrar a praticidade e viabilidade técnica da ultrassonografia portátil como ferramenta de auxílio por imagem, orientando com precisão os procedimentos de coleta minimamente invasiva *post mortem* de tecidos hepáticos e musculares estriados esqueléticos. A técnica provou-se adequada no fornecimento de amostras teciduais viáveis para posterior análise utilizando agulha semi-automática do tipo *Tru-Cut.*

Por se tratar de um procedimento de mínima invasão, o estudo esteve alinhado ao princípio ético da não maleficência, garantindo o respeito à integridade do cadáver ao não causar danos ou mutilação.

Apesar da limitação do tamanho amostral e da escassez de alguns dados restringirem possíveis formulações e afirmações estatísticas, os resultados preliminares demonstram que o biotipo do indivíduo é determinante na execução da técnica. Constatou-se que a profundidade da inserção da agulha deve ser individualizada, exigindo maior profundidade em cadáveres com maior prevalência de tecido adiposo para evitar coletas indesejadas de gordura e assegurar a coleta precisa do tecido-alvo.

A principal contribuição desta pesquisa corresponde ao Protocolo Operacional Padrão (POP). O documento oferece replicação do procedimento por outras equipes de pesquisa, além de proporcionar bases metodológicas para a escolha correta do transdutor, orientações de punção e medidas de bioproteção e de manejo correto da agulha, minimizando o risco de infecção ocupacional. Contudo, apesar de se tratar de uma investigação preliminar, faz-se necessária a realização de novos estudos e coletas em populações maiores e mais diversificadas.

6. FINANCIAMENTO

(FAPESP 2024/00953-2, 2026/12097-9, **2025/27327-1**, 2025/27417-6, 2026/04386-0 e CAPES)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Telian N. Virtópsia: avanços tecnológicos em medicina legal e perícia médica. Persp Med Legal Pericia Med. 2020; 5(1).

EM. Médicos são recomendados a não realizar autópsia em casos de covid-19. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/medicos-sao-recomendados-a-nao-realizar-autopsia-em-cas os-de-covid-19/>. Acesso em: 27 maio. 2026.

SVOC em números - SVOC-USP. Disponível em: <https://svoc.usp.br/svoc-em-numeros/>. Acesso em: 27 maio. 2026.

SANTINO, S. F. et al. A scoping review on virtual autopsy: Main concepts, qualified professionals and future prospects. Pathology - Research and Practice, v. 261, p. 155464, set. 2024.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Estimativa de intervalo pós-morte utilizando o cupim *Nasutitermes itapocuensis* (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae) em um estudo de caso antropológico

V. W. Botteon[a,*], A. Gaedke[a], P. Miamoto[a], M. C. S. Chupel[a], L. R. Fontes[b], D. Mouga[c]

[a]*Polícia Científica, de Santa Catarina, Santa Catarina (SC), Brasil*
[b]*Instituto Médico Legal, Superintendência da Polícia Técnico Científica, São Paulo (SP), Brasil*
[c]*Universidade da Região de Joinville, Santa Catarina (SC), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: victor_botteon2@hotmail.com*

Palavras-chave: Antropologia forense; Alterações tafonômicas; Entomologia forense

1. INTRODUÇÃO

Em casos antropológicos, somente a análise macroscópica do corpo esqueletizado pode ser insuficiente para estimar o tempo de morte. Nesse contexto, os vestígios entomológicos podem auxiliar em diversas circunstâncias em investigações de casos de morte, inclusive com relação à estimativa do intervalo pós-morte (IPM) [1].

A subdivisão médico-legal da entomologia forense estuda os insetos necrófagos para auxiliar a responder essas questões e tem se desenvolvido nos últimos anos no estado de Santa Catarina (SC), sul do Brasil. Em janeiro de 2022, a Divisão de Entomologia Forense (DENT) foi criada na estrutura da Polícia Científica (PCISC) [2-5].

Na interface entre a antropologia e entomologia forense, os estudos de remanescentes humanos e da entomofauna cadavérica podem ser importantes para a identificação de vítimas e fornecer evidências científicas para a estimativa do tempo de morte [5, 6].

Nesse cenário multidisciplinar, este estudo trata do primeiro relato de nidificação e alterações tafonômicas causadas por uma espécie de cupim em um crânio em SC, além da singular contribuição deste vestígio entomológico para a estimativa do IPM.

2. ESTUDO DE CASO

Em agosto de 2024, um corpo esqueletizado de origem humana foi encontrado parcialmente inumado em um terreno arborizado em Florianópolis/SC, envolto em um edredom e com roupas femininas (−27.6010664752972, −48.5275405926527). O clima da região é classificado como Cfa, correspondente a um clima subtropical úmido, com verões quentes e invernos amenos, chuvas bem distribuídas ao longo do ano e temperaturas médias anuais em torno de 21°C [7].

O local foi periciado pelas equipes da Criminalística e da Medicina Legal da PCISC e os remanescentes humanos foram transportados para exame antropológico na Seção de Antropologia Forense da Superintendência Regional da Polícia Científica em Florianópolis. Para identificação da vítima, amostras de material ósseo e dentário foram enviadas ao banco estadual de perfis genéticos para comparação com os perfis de pessoas desaparecidas.

O interior do crânio da vítima apresentava uma estrutura similar a um ninho, com presença de insetos. Dessa forma, o crânio foi enviado para análise no laboratório da DENT, situado em Joinville/SC, com a finalidade de identificar a espécie de inseto e estimar o IPM mínimo, se possível.

No interior da cavidade craniana foram coletados espécimes de cupins mortos. O inseto foi devidamente identificado pelo autor LRF, utilizando a chave de identificação descrita por [8], que se baseou em espécimes coletados na região leste do estado catarinense. Os espécimes foram preservados no laboratório para fins de referência.

A estimativa do tempo de degradação óssea combinou duas metodologias: inicialmente, considerou-se as "fases de intemperismo" descritas por [9], as quais fornecem uma estimativa do intervalo temporal de acordo com a ação de fatores climáticos sobre os remanescentes ósseos expostos; em segundo momento, considerou-se a ação de cupins sobre os ossos secos, uma vez que estes insetos são capazes de causar danos e penetrar no interior dos ossos, após a degradação dos tecidos moles [6].

3. RESULTADOS

Tratava-se de um esqueleto humano incompleto, sem remanescentes de tecido mole, apresentando perda de massa óssea e sinais compatíveis com alterações tafonômicas causadas por insetos (bioturbações). O perfil antropológico era compatível com o de uma mulher adulta, branca, estimada entre 21 e 44 anos de idade, entre 1,52 e 1,64 m de altura.

Os ossos apresentavam extensas alterações tafonômicas, com aspecto seco e quebradiço, ausência de matriz orgânica e perda progressiva de matriz inorgânica. Os ossos longos dos membros superiores estavam quase completamente sem epífises e o crânio exibia o maior conjunto de alterações de interesse forense.

Na região do osso frontal, havia uma extensa área fraturada, com perda da lâmina externa do seio frontal e vestígios congruentes com danos pós-morte. Logo acima dessa região, foi constatada outra fratura com perda de partes dos ossos frontal e parietal, com exposição do interior da cavidade craniana (Fig. 1).



Figura 1. Vista frontal do crânio da vítima.

3.1. Evidência entomológica

Após a abertura completa da cavidade craniana e a remoção do material compatível com um ninho, espécimes de cupins mortos foram coletados e identificados como pertencentes à espécie *Nasutitermes itapocuensis* (Holmgren, 1910) (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae) (Fig. 2).

As alterações tafonômicas observadas principalmente no crânio eram compatíveis com a ação de cupins, além do preenchimento total da cavidade craniana por material estruturado na forma de lamelas interconectadas, sendo compatível com ninho dessa espécie de inseto.



Figura 2. Espécime de cupim coletado no interior da cavidade craniana da vítima.

3.2. Estimativa do tempo de morte

A deterioração da superfície óssea foi consistente com o estágio de "intemperismo 2" descrito por [9], indicando um período de 2 a 6 anos. Além disso, a ação do cupim *N. itapocuensis* nos ossos contribuiu para reduzir o tempo decorrido desde a morte da vítima, atuando de forma lenta e progressiva no desgaste dos ossos e para a confecção do ninho estimada em 2 a 3 anos [6].

Dessa forma, assumindo um tempo médio de esqueletização completa de 1 ano e, considerando as duas metodologias de estimativas descritas [6, 9], o tempo mais provável de morte pode ser considerado como sendo de aproximadamente 3 anos, com o intervalo potencialmente chegando até 6 anos.

4. DISCUSSÃO

A atividade dos cupins é altamente variável. Algumas espécies agem rapidamente e deterioram significativamente os ossos, enquanto outras atuam de forma mais lenta em seu consumo [6].

Termitidae é a maior família de cupins, incluindo cerca de 75% de todas as espécies de Isoptera. O gênero *Nasutitermes* Dudley, 1890 inclui 243 espécies em todo o mundo e 71 espécies descritas na região Neotropical [10, 11]. Entretanto, há pouca informação sobre a biologia da espécie *N. itapocuensis*.

Embora os cupins se alimentem principalmente de matéria vegetal, as necessidades alimentares também levam os cupins a explorar fontes ricas em certos nutrientes, como no caso de achados ocasionais de corpos esqueletizados que podem ser um excelente recurso alimentar [6].

Na ciência forense, foram levantados registros de casos de ossos humanos deteriorados por cupins (osteofagia), como no estudo descrito com ação de *Nasutitermes guayanae* em uma área urbana na Colômbia [12], e em áreas não urbanas no Brasil, com a ação das espécies de cupins *N. itapocuensis*, *N. rotundatus*, *N. ehrhardti*, *N. aquilinus*, *N.* sp. e *Neocapritermes opacus* [6] e *Amitermes amifer*, *N. corniger*, *Microcerotermes indistinctus* [13].

A espécie *N. itapocuensis* é um cupim arborícola que se alimenta predominantemente de madeira e os ninhos são raramente encontrados por serem endógenos. Essa espécie não é considerada voraz e causa danos lentamente ao longo de vários meses, causando desgaste externo e penetrando no interior dos ossos, onde consome o osso trabecular [6].

Considerando os achados forenses neste caso, como o registro da instalação de ninho endógeno pelo cupim no interior da cavidade craniana; a deterioração óssea compatível com um período de 2 a 6 anos, descrito por [9] e a atividade do cupim nos ossos estimada em 2 a 3 anos por [6]; a busca por vítimas a serem identificadas na região deve priorizar suspeitos desaparecidos há pelo menos 3 anos.

5. CONCLUSÃO

O estudo relatou a contribuição da espécie de cupim *N. itapocuensis* para a estimativa de IPM em um caso de encontro de corpo esqueletizado, com a instalação de ninho no interior da cavidade craniana.

Considerando o estudo antropológico combinado a aplicação da entomologia forense, o período de 3 anos deve ser priorizado para a busca inicial por vítimas do sexo feminino, na faixa etária de 21 a 44 anos, entre 1,52 e 1,64 m de altura.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Polícia Científica de Santa Catarina pelo suporte e incentivo a realização de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] J. Oliveira-Costa J, et al. *Entomologia médico-legal: Da cronotanatognose à entomogenética*. Brasil: Millennium Editora (2024).

[2] A. Gaedke, V.M. Alves, V.W. Botteon. Entomological data from the first year of the Forensic Entomology Division formalization at the Scientific Police of Santa Catarina. *Revista Brasileira de Entomologia* ***68***: e20230104 (2024).

[3] V.W. Botteon, A. Gaedke, V.M. Alves. Case report of a preserved male corpse: estimation of post-mortem interval based on four Dipteran species of four different families. *Entomo Brasilis* ***17***: e1078-e1078 (2024a).

[4] V.W. Botteon, A. Gaedke, V.M. Alves. Forensic case reports of *Dermestes maculatus* (Coleoptera: Dermestidae) in Santa Catarina State, southern Brazil. J *Forensic Legal Med* ***106***: 102735 (2024b).

[5] V.W. Botteon, I.S. Perecin, A. Gaedke, N. Goumbieski. Entomologia Forense e Medicina Veterinária Legal: o primeiro estudo multidisciplinar de caso de miíase em cão doméstico pela Polícia Científica de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Criminalística* ***13***(5): 74-79 (2024c).

[6] L.R. Fontes. *Casos periciais deteriorados por cupim*. In: Fontes LR (ed) Antropologia forense: Manual de prática médico-legal. Brasil: Hucitec, (2025) 201-246.

[7] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão territorial brasileira. IBGE, Brasil (2018).

[8] N. Holmgren. Versuch einer Monographie der Amerikanische Eutermes-Arten. *Jahrb Hamb Wiss Anst* ***27***(2): 171–325 (1910).

[9] A.K. Behrensmeyer. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology* ***4***(2): 150-162 (1978).

[10] K. Krishna, D.A. Grimaldi, V. Krishna, M.S. Engel. Treatise on the Isoptera of the world. *Bull Am Mus Nat Hist* ***377***(7): 1–2704 (2013).

[11] M.N.S. Cruz, et al. Terpenes in termites of the genus *Nasutitermes* (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). *Quim Nova* ***37***(1): 95-103 (2014).

[12] Y. Ramos-Pastrana, E. Córdoba-Suarez, M. Wolff. Osteophagia by *Nasutitermes guayanae* (Blattodea: Isoptera: Termitidae) on human bone remains in the Andean Amazon, Caquetá, Colombia. *Acta Amazon* ***51***(4): 347-351 (2021).

[13] R.A. Queiroz, et al. First forensic records of termite activity on non-fossilized human bones in Brazil. *Braz J Biol* ***77***(1): 127-131 (2017).

J. N. Lima Júnior, M. A. A.Santos Filho, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Infanticídio ou natimortalidade? O papel da perícia médico-legal na definição do caso

J. N. Lima Júnior[a,c,d*], M. A. A. Santos Filho[b,c,d]

[a]*NRPC-Oeiras – Núcleo Regional de Polícia Científica de Oeiras/PI*
[b]*IMLGV – Instituto de Medicina Legal Gerardo Vasconcelos, Teresina/PI*
[c]*DEPOC – Departamento de Polícia Científica*
[d]*PCPI – Polícia Civil do Estado do Piauí*
**Endereço de e-mail para correspondência: jnlj1992@outlook.com Tel.: +55-86-98177-0456.*

Resumo

A distinção entre natimortalidade e infanticídio representa um ponto crítico da medicina legal para a definição da materialidade criminal, sobretudo em contextos de gestação ocultada e parto não assistido. O presente trabalho relata o caso de um feto prematuro inumado após ocultação de gravidez, destacando a importância da aplicação rigorosa da docimásia hidrostática de Galeno associada à análise placentária e de reações vitais. No caso em tela, uma mulher buscou atendimento médico após relatar um abortamento domiciliar seguido do sepultamento do concepto no quintal de sua residência. A equipe pericial recuperou o feto, do sexo masculino e com idade gestacional estimada em 29 semanas (1.290 g), que ainda se encontrava ligado à placenta. O exame necroscópico constatou ausência de sinais de putrefação. A avaliação da placenta exibiu coágulos retroplacentários compatíveis com descolamento. Ao exame interno, os pulmões apresentavam aspecto "hepatizado" e a docimásia hidrostática de Galeno resultou negativa em todas as suas quatro fases clássicas, evidenciando a ausência de respiração extrauterina. Adicionalmente, foram identificadas petéquias subpleurais e subepicárdicas (manchas de Tardieu), além de hematomas subperiosteais no polo cefálico. Esses achados configuram reações vitais decorrentes de dinâmica circulatória ativa e esforço respiratório intrauterino, corroborando o diagnóstico de hipóxia e sofrimento fetal agudo no período periparto. A convergência dos achados permitiu concluir que a causa mortis foi anóxia intrauterina aguda secundária a descolamento prematuro de placenta. A condução técnica e integrada da necrópsia atestou com segurança a natimortalidade, descartando de forma contundente a hipótese criminal de infanticídio e reafirmando o papel indispensável da perícia médico-legal na elucidação dos fatos.

Palavras-chave: Docimásia pulmonar; Morte Fetal; Infanticídio; Autópsia; Medicina legal.

1. INTRODUÇÃO

A distinção entre natimortalidade, abortamento e morte de recém-nascido com vida extrauterina representa um dos pontos mais críticos da medicina legal, por poder definir a materialidade de um crime [1]. Historicamente, a comprovação da vitalidade pós-parto é considerada o maior de todos os desafios da prática médico-legal, sendo frequentemente denominada de *crucis peritorum* (a cruz dos peritos) [1,2]. Em cenários de gestação ocultada ou negada e de parto não assistido, essa diferenciação torna-se ainda mais complexa. Mães que ocultam a gravidez frequentemente entram em trabalho de parto sozinhas e, movidas pelo medo de julgamento ou punição legal, podem esconder o corpo do bebê, o que invariavelmente mimetiza a cena de um homicídio e levanta suspeitas por parte das autoridades [5]. Nesses contextos, a perícia médico-legal figura como elemento central na elucidação do fato e de suas implicações jurídicas.

Para solucionar esse dilema, a docimásia pulmonar hidrostática de Galeno, descrita ainda no século XVII, permanece como um dos métodos mais tradicionais e utilizados na rotina pericial para inferir a ocorrência de respiração extrauterina [1,2]. O teste fundamenta-

-se na alteração da densidade pulmonar decorrente da respiração. Durante a vida intrauterina, o pulmão fetal apresenta aspecto compacto, carnoso e denso (sendo mais pesado que a água), afundando ao ser submerso. Contudo, com a primeira respiração autônoma e a consequente expansão alveolar, o volume do órgão aumenta acentuadamente e sua densidade diminui, permitindo a sua flutuação. O método é constituído por quatro fases clássicas de submersão, que avaliam desde o bloco visceral torácico intacto até fragmentos pulmonares isolados e comprimidos, tratando-se de técnica de execução simples, baixo custo e ampla aplicabilidade [1].

Estudos contemporâneos, entretanto, reconhecem que a determinação de infante nascido vivo deve resultar da análise integrada de múltiplos achados, mantendo-se a docimásia como ferramenta de grande utilidade apenas quando interpretada com rigor e ciente de suas limitações clínicas e técnicas [4]. A literatura forense internacional alerta que falsos-positivos podem ocorrer pela formação de gases de putrefação ou por manobras de reanimação cardiopulmonar que insuflam os pulmões artificialmente [1,2,4]. Por outro lado, falsos-negativos podem ser observados em bebês muito prematuros ou gravemente doentes, cujos pulmões podem não se expandir adequadamente mesmo após o nascimento com vida [4].

Diante deste cenário, o presente artigo tem como objetivo relatar o caso de um feto prematuro inumado após ocultação de gravidez e parto domiciliar desassistido, destacando a aplicação técnica rigorosa da docimásia hidrostática de Galeno aliada à avaliação de reações vitais e análise placentária. O estudo ilustra o papel imprescindível da medicina legal na elucidação da *causa mortis* e o consequente descarte seguro da hipótese criminal de infanticídio.

2. RELATO DO CASO

Mulher adulta procurou unidade hospitalar relatando episódio de abortamento domiciliar, seguido de sepultamento do concepto no quintal de sua residência. Informou ter tomado conhecimento da gestação apenas no dia anterior, após realização de ultrassonografia que evidenciou gestação única com idade gestacional de 28 semanas e 6 dias. A narrativa levantou suspeita pela equipe assistencial, sendo acionada a autoridade policial.

A equipe pericial realizou escavação no local indicado, sendo recuperado feto humano ainda ligado à placenta e recoberto por terra, conforme documentado na Fig. 1.



Figura 1. Aspecto inicial do feto. Nota-se o corpo encoberto por terra e ainda ligado à placenta. Fotografia registrada pelo autor.

O corpo foi encaminhado ao Instituto Médico-Legal para exame necroscópico. Ao exame externo, tratava-se de concepto do sexo masculino, com peso de 1.290 g e comprimento crânio-calcâneo de 37 cm, ainda ligado à placenta, esta com peso de 311 g. A idade gestacional estimada era de aproximadamente 29 semanas. Não foram identificadas malformações aparentes. O corpo encontrava-se recoberto por sedimento terroso, sem sinais de violência externa, exceto por discreta bossa sero-hemática em região occipital. O cadáver exibia rigidez completa e livores fixos, não apresentando, contudo, sinais iniciais de putrefação.

A placenta apresentava focos hemorrágicos e coágulos retroplacentários, compatíveis com áreas de descolamento, conforme ilustrado na Fig. 2.

Ao exame interno, a integridade do gradil costal estava preservada. Os pulmões mostravam-se de cor vermelho-escura, compactos, de consistência firme, sem crepitação ao manuseio e com ausência de desenho em mosaico alveolar (aspecto hepatizado). Observou-se congestão polivisceral difusa, além de petéquias subpleurais e subepicárdicas (manchas de Tardieu) (Fig. 3). No polo cefálico, identificaram-se dois hematomas subperiosteais medindo entre 2 e 3 cm de diâmetro, localizados em região occipital e parietal direita, além de focos hemorrágicos puntiformes distribuídos pelos ossos frontal e parietais, sem outras alterações relevantes.

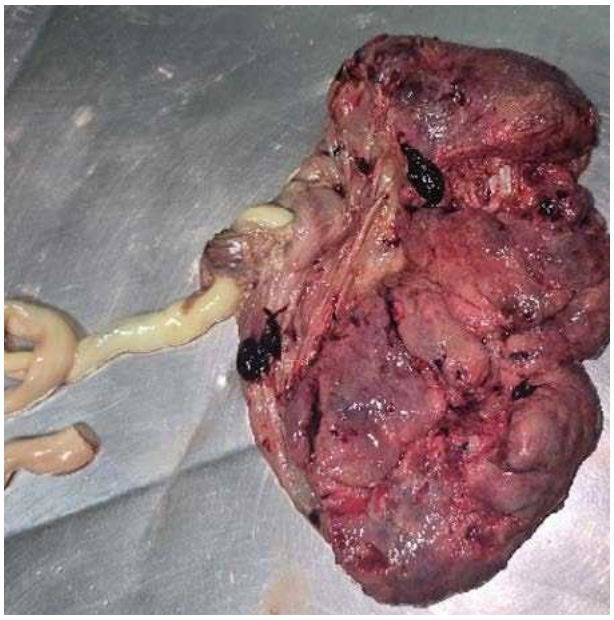


Figura 2. Placenta em sua face materna, evidenciando-se coágulos retroplacentários. Fotografia registrada pelo autor.

Tendo em vista a ausência de gases putrefativos, foi realizada a docimásia pulmonar hidrostática de Galeno, executada em suas quatro fases clássicas, evidenciando afundamento do bloco pulmonar e de seus fragmentos, sem liberação de bolhas gasosas à compressão (Fig. 4), resultado compatível com ausência de respiração extrauterina.

Diante do conjunto dos achados, concluiu-se pela ausência de sinais de nascimento com vida, sendo o concepto classificado como natimorto, com óbito decorrente de anóxia intrauterina aguda secundária a descolamento prematuro de placenta.

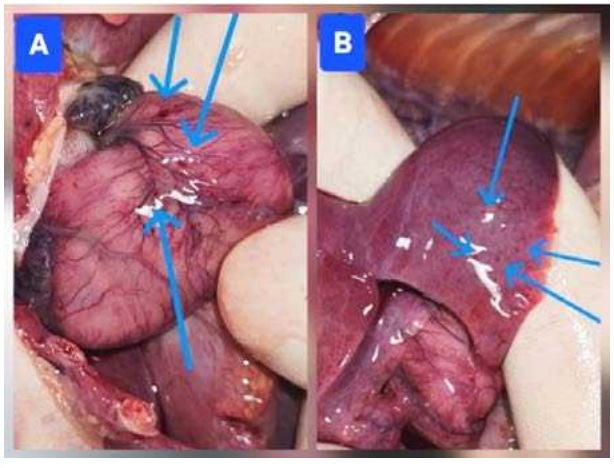


Figura 3. Petéquias intratorácicas. A) Petéquias subepicárdicas. B) Petéquias subpleurais.

Achados compatíveis com hipóxia e aumento da pressão venosa central no período agônico fetal, corroborando o diagnóstico de sofrimento fetal agudo. Fotografias registradas pelo autor.

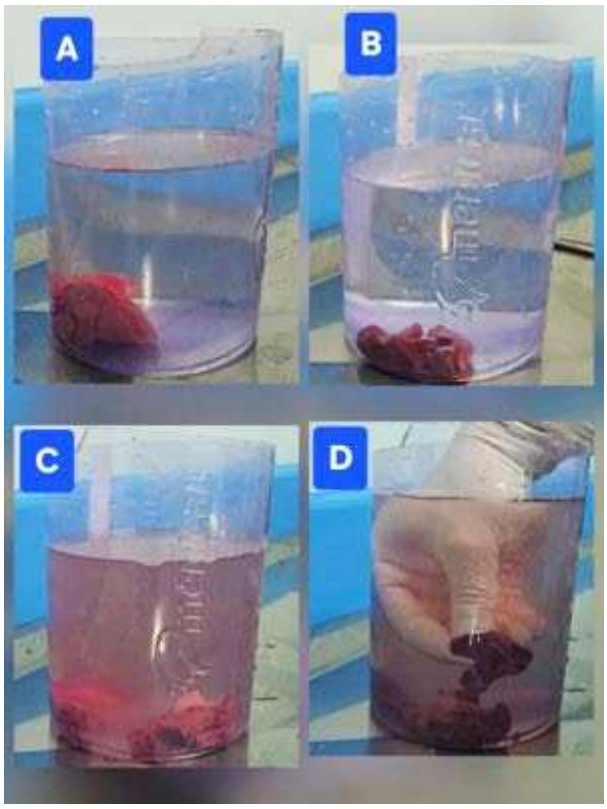


Figura 4. Docimásia pulmonar hidrostática de Galeno. A) 1ª fase negativa, com afundamento de todo o bloco visceral composto por pulmões, traqueia, laringe, língua, timo e coração. B) 2ª fase negativa, com manutenção dos pulmões no fundo após separação pelo hilo. C) 3ª fase negativa, com fragmentos pulmonares sem flutuação. D) 4ª fase negativa, sem liberação de bolhas à compressão dos fragmentos. O conjunto dos achados demonstra ausência de ar nos alvéolos e é compatível com ausência de respiração extrauterina. Fotografias registradas pelo autor.

3. DISCUSSÃO

A determinação de vida extrauterina constitui etapa fundamental na caracterização de infanticídio, sendo requisito essencial para a definição da materialidade do fato. Nesse contexto, a docimásia pulmonar hidrostática de Galeno permanece como método clássico amplamente consolidado na prática médico-legal. Sua relevância prática decorre da simplicidade técnica e da possibilidade de execução com recursos mínimos, não demandando estrutura laboratorial sofisticada, o que a torna especialmente útil em contextos com limitações estruturais [1-4].

A confiabilidade da docimásia pulmonar está diretamente relacionada às condições em que é realizada. É reconhecido que a ausência de putrefação e de intervenções externas, como manobras de reanimação, reduz significativamente a possibilidade de resultados falso-positivos. Por outro lado, a literatura forense alerta para a possibilidade de resultados falso-nega-

tivos em recém-nascidos muito prematuros, cujos pulmões podem não expandir adequadamente mesmo havendo respiração pós-parto [4]. No presente caso, tratando-se de um feto prematuro de 29 semanas, o rigor diagnóstico foi garantido pela associação da docimásia hidrostática à Docimásia Óptica de Bouchut. O aspecto macroscópico liso, compacto e "hepatizado" dos pulmões, com ausência do desenho em mosaico alveolar, confirmou de forma consistente a ausência de qualquer expansão por ar extrauterino. Os pulmões apresentavam-se com desenvolvimento adequado e não havia sinais de putrefação.

Casos suspeitos de infanticídio frequentemente apresentam elevada complexidade diagnóstica, especialmente em contextos de ocultação de gestação e parto domiciliar, sendo comum a incerteza quanto à ocorrência de nascimento com vida e ocultação do cadáver por medo de implicações legais e sociais [5,6]. Nesse cenário, a avaliação pericial deve ser obrigatoriamente integrada.

Os achados do exame necroscópico são consistentes com morte fetal intrauterina decorrente de anóxia aguda, em contexto compatível com descolamento prematuro de placenta. A presença de focos hemorrágicos e coágulos retroplacentários indica separação parcial da decídua basal, alteração classicamente associada à interrupção abrupta do fluxo uteroplacentário e consequente instalação de hipóxia fetal [7,8].

Corroborando esse mecanismo, observou-se congestão polivisceral difusa e petéquias subpleurais e subepicárdicas (manchas de Tardieu). A presença dessas petéquias intratorácicas é justificada pelo quadro de asfixia intrauterina aguda. A fisiopatologia desse achado explica-se pelos movimentos respiratórios violentos (*gasping*) que o feto realiza *in utero* diante do sofrimento agudo; esse esforço gera uma intensa pressão intratorácica negativa que, combinada ao aumento súbito da pressão venosa central, resulta na ruptura dos capilares subserosos [8].

Adicionalmente, os achados cranianos, incluindo bossa sero-hemática e hematomas subperiosteais, configuram reações vitais, uma vez que dependem de circulação sanguínea ativa e gradiente de pressão intravascular para a sua formação. Tais elementos provam que o concepto se encontrava vivo, com atividade circulatória, no momento em que sofreu o trauma do parto expulsivo, sugerindo que a injúria hipóxica letal se desenrolou no período periparto agudo, afastando a hipótese de óbito intrauterino anterior ao parto [9].

Vale ressaltar que, em cenários de negação da gravidez e parto não assistido culminando em descolamento prematuro de placenta, a literatura contemporânea destaca a importância da investigação toxicológica. O uso de drogas de abuso por parte da gestante, como a cocaína e anfetaminas, possui forte imputabilidade na gênese do descolamento placentário, aumentando o risco dessa intercorrência em múltiplas vezes. A ausência de triagem toxicológica materna ou fetal no presente relato configura uma limitação, visto que poderia ter elucidado o fator desencadeante primário da patologia placentária [5-8].

Dessa forma, a convergência dos achados placentários, viscerais, cranianos e pulmonares demonstra que a morte ocorreu ainda no interior da cavidade uterina, em período próximo ao parto, por anóxia intrauterina aguda em cenário compatível com descolamento prematuro de placenta, sem indícios de violência externa. A análise técnico-científica integrada permitiu, com segurança, atestar a natimortalidade e afastar a materialidade do crime de infanticídio.

4. CONCLUSÕES

A necrópsia médico-legal, conduzida de forma criteriosa e integrada, foi determinante para a elucidação do caso. Ao confirmar a ocorrência de anóxia intrauterina aguda secundária ao descolamento prematuro de placenta, a perícia permitiu afastar a hipótese de nascimento com vida e, consequentemente, a materialidade do crime de infanticídio.

A docimásia pulmonar hidrostática de Galeno demonstrou elevado valor prático, destacando-se por sua simplicidade, baixo custo e ampla aplicabilidade. O caso ilustra que o método é capaz de fornecer elementos técnicos consistentes e seguros quando realizado em condições adequadas, notadamente na ausência de putrefação, e quando seus resultados são corroborados por outros parâmetros, como a inspeção visual pulmonar (docimásia óptica) e a análise de reações vitais.

Por fim, o presente relato reforça a importância da análise pericial multidisciplinar. Em cenários de negação de gravidez, partos desassistidos e ocultação de cadáver, a presunção inicial de crime pelas autoridades é alta. Fica evidente, portanto, o papel essencial da medicina legal na definição da materialidade dos fatos, evitando acusações infundadas e garantindo, em última instância, a justiça.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Polícia Científica da Polícia Civil do Piauí pelo incentivo à educação continuada e à publicação científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] França GV. *Medicina Legal*. 11ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017.

[2] Alfsen GC, Ellingsen CL, Hernæs L. «The child has lived and breathed.» Forensic examinations of newborns 1910-1912. Tidsskr Nor Laegeforen. 2013 Dec 10;133(23-24):2498-501. English, Norwegian. doi: 10.4045/tidsskr.13.0898. PMID: 24326503.

[3] Obladen M. From Crime to Disease: Laws on Infanticide in the Modern Era. Neonatology. 2016;109(3):170-6. doi: 10.1159/000441275. Epub 2016 Jan 16. PMID: 26771523.

[4] Phillips B, Ong BB. "Was the Infant Born Alive?" A Review of Postmortem Techniques Used to Determine Live Birth In Cases of Suspected Neonaticide. Acad Forensic Pathol. 2018 Dec;8(4):874-893. doi: 10.1177/1925362118821476. Epub 2018 Dec 19. PMID: 31240078; PMCID: PMC6491538.

[5] Stenton S, Cohen MC. Assessment of neonaticide in the setting of concealed and denied pregnancies. Forensic Sci Med Pathol. 2020 Jun;16(2):226-233. doi: 10.1007/s12024-019-00212-4. Epub 2020 Feb 6. PMID: 32026385.

[6] Blanchot A, Antal MC, Ameline A, Gheddar L, Arbouche N, Raul JS, Kintz P. Pregnancy denial and unplanned home delivery: Considerations about fetal death causes and maternal drug use imputability. Forensic Sci Int. 2023 Jan;342:111538. doi: 10.1016/j.forsciint.2022.111538. Epub 2022 Dec 7. PMID: 36543017.

[7] Tikkanen M. Placental abruption: epidemiology, risk factors and consequences. Acta Obstet Gynecol Scand. 2011 Feb;90(2):140-9. doi: 10.1111/j.1600-0412.2010.01030.x. Epub 2010 Dec 7. PMID: 21241259.

[8] Bendon RW. Review of autopsies of stillborn infants with retroplacental hematoma or hemorrhage. Pediatr Dev Pathol. 2011 Jan-Feb;14(1):10-5. doi: 10.2350/10-03-0803-OA.1. Epub 2010 May 21. PMID: 20491541.

[9] Madea B, Doberentz E, Jackowski C. Vital reactions - An updated overview. Forensic Sci Int. 2019 Dec;305:110029. doi: 10.1016/j.forsciint.2019.110029. Epub 2019 Oct 31. PMID: 31726327.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Avanços na radiografia digital em sistema Flatscan dedicado como método complementar à autópsia em cadáveres putrefeitos.

D. M. F. M. Mendonça[1*], A. L. Araújo[1], T. Campos[2], M. Caon[2], P. Marin[1], P. Barragan[2], R. P. Baldasso[2], M. M. Miranda[1,2], A. Petry[1,2], M. C. Barros[1,2]

[1]*Escola de Saúde Pública do RS, Brasil*
[2]*Instituto Geral de Perícias RS, Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: dmfmbrasil@gmail.com. Tel.: +55 51 98965-7095.*

Palavras-chave: Flatscan, putrefatos, avaliação radiográfica, decomposição, cadáver.

1. INTRODUÇÃO

Desde a descoberta dos raios X por Wilhelm Conrad Röntgen, em 1895, a aplicação dos métodos de imagem expandiu-se progressivamente na medicina e nas ciências forenses [1]. Ainda no final do século XIX, a radiografia passou a ser utilizada em contexto médico-legal, inicialmente para localização de projéteis e identificação de fraturas traumáticas [2]. Com o avanço tecnológico e a digitalização dos métodos diagnósticos, a radiologia forense consolidou-se como ferramenta estratégica na documentação pericial, permitindo registros objetivos, reprodutíveis e passíveis de revisão posterior.

Na prática contemporânea, a radiologia forense possui aplicações tanto em indivíduos vivos quanto em cadáveres, especialmente em situações de morte violenta, carbonização, decomposição avançada e identificação humana [3]. A evolução dos sistemas digitais proporcionou melhora significativa da qualidade das imagens, maior rapidez na aquisição, facilidade de armazenamento e compartilhamento remoto entre especialistas, além do fortalecimento da cadeia de custódia dos achados periciais [3,6,7].

Entre os avanços tecnológicos disponíveis atualmente destaca-se o sistema FlatScan, modalidade de radiografia digital panorâmica desenvolvida especificamente para aplicação médico-legal. O equipamento permite aquisição de imagens de corpo inteiro em alta resolução, incluindo incidências ortogonais, sem necessidade de manipulação do cadáver. Sua estrutura totalmente blindada impede dispersão de radiação ionizante para o ambiente externo, possibilitando utilização segura dentro do próprio setor pericial e manutenção simultânea das atividades necroscópicas [11].

Cadáveres em avançado estado de decomposição representam desafio relevante à necropsia tradicional. Alterações como autólise tecidual, produção de gases intracavitários, descolamento cutâneo e perda da integridade anatômica dificultam a análise macroscópica e podem gerar artefatos que simulam trajetos traumáticos ou lesões estruturais [4,5]. Nesse cenário, os métodos de imagem assumem papel complementar fundamental, permitindo avaliação interna mais detalhada e contribuindo para maior acurácia diagnóstica [4-7,9].

Além disso, em corpos putrefeitos, a movimentação excessiva durante a necropsia pode comprometer ainda mais estruturas anatômicas frágeis. Dessa forma, a possibilidade de obtenção de imagens panorâmicas rápidas e padronizadas antes da dissecação torna-se ferramenta importante para direcionamento da autópsia, planejamento da abordagem técnica e redução da manipulação desnecessária do cadáver.

2. OBJETIVO

Demonstrar a relevância da radiografia digital em sistema FlatScan, tecnologia desenvolvida especifi-

camente para aplicação médico-legal, como método complementar à autópsia na avaliação de cadáveres em avançado estado de decomposição, destacando suas aplicações diagnósticas, operacionais e de biossegurança dentro da rotina pericial.

3. MÉTODOS

Trata-se de revisão narrativa da literatura associada à revisão de casos observacionais provenientes da rotina pericial. Foram analisadas publicações científicas indexadas em bases de dados como PubMed, SciELO e livros-texto clássicos de medicina legal e radiologia forense [4-7,9,11].

Foram incluídos estudos relacionados à aplicação da radiologia forense, exames de imagem pós-morte, identificação humana por métodos radiológicos e utilização de tecnologias digitais no contexto médico-legal. Também foram considerados trabalhos envolvendo cadáveres em decomposição, interpretação de alterações putrefativas e métodos de triagem pré-autópsia.

Os dados analisados buscaram enfatizar as vantagens operacionais do sistema FlatScan, incluindo rapidez de aquisição, aquisição ortogonal sem reposicionamento significativo do cadáver, possibilidade de continuidade das atividades necroscópicas durante o exame e redução da exposição ocupacional da equipe pericial. Como ilustração dos achados descritos na literatura, foram selecionados casos observacionais da rotina pericial do Instituto Geral de Perícias do RS, exemplificados nas Fig. 1 a 5.

4. DESENVOLVIMENTO

O sistema FlatScan permite aquisição de imagens radiográficas digitais panorâmicas em planos ortogonais, com elevada resolução espacial e ampla cobertura anatômica [11]. Diferentemente da radiografia convencional, possibilita obtenção de múltiplos planos sem necessidade de reposicionamento significativo do cadáver, reduzindo o tempo de exame e minimizando a manipulação corporal.

Essa característica é particularmente relevante em cadáveres putrefeitos, nos quais a movimentação excessiva pode comprometer ainda mais a integridade anatômica. Em corpos com autólise avançada, obesidade importante ou fragilidade estrutural, a limitação da manipulação facilita a preservação das relações anatômicas e melhora a qualidade da documentação pericial [4,5].

Entre as principais aplicações médico-legais do FlatScan destacam-se identificação de projéteis e fragmentos metálicos (Fig. 1 e Fig. 4), reconhecimento de próteses ortopédicas e odontológicas, identificação de fraturas ocultas, avaliação de trajetórias traumáticas e reconhecimento de características anatômicas individuais úteis para identificação humana [6-9].

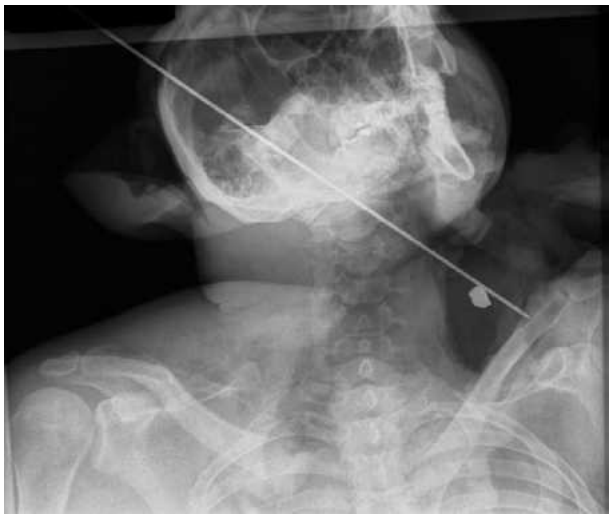


Figura 1. Localização de projétil de arma de fogo.

A radiografia digital também auxilia na diferenciação entre alterações putrefativas e lesões traumáticas verdadeiras. Alterações gasosas intracavitárias decorrentes da decomposição frequentemente simulam pneumotórax, embolia gasosa ou trajetos traumáticos, sendo a interpretação radiológica importante ferramenta complementar na diferenciação diagnóstica [4,5,9]. A Fig. 2 ilustra a avaliação de fios de aço na região cervical de um cadáver em decomposição e carbonizado, situação em que a radiografia panorâmica auxilia na diferenciação entre material de origem médica prévia e achados relacionados ao evento traumático.

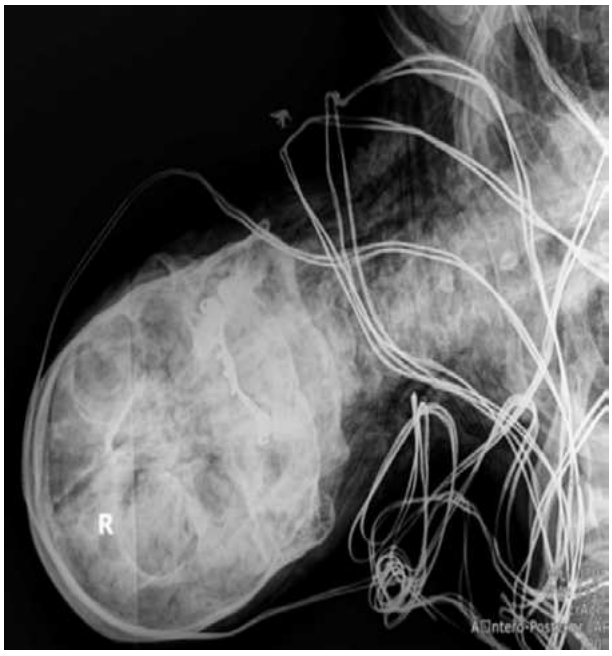


Figura 2. Avaliação de fios de aço na região cervical de cadáver em decomposição e carbonizado.

Outro aspecto relevante envolve a aplicação do método na identificação humana. Em situações nas quais papiloscopia e análise genética não estão imediatamente disponíveis, características radiológicas individuais podem assumir papel decisivo. Próteses,

materiais odontológicos, placas ortopédicas e alterações anatômicas específicas frequentemente permitem correlação com exames prévios em vida [6,9], como exemplificado na Fig. 3, em que a identificação de uma placa metálica de procedimento cirúrgico prévio permitiu a identificação de um cadáver em putrefação.



Figura. 3. Placa metálica de procedimento cirúrgico prévio que permitiu identificação do cadáver em putrefação.

O FlatScan também atua como importante método de triagem pré-autópsia, permitindo direcionamento mais eficiente da dissecação e identificação prévia de achados relevantes. Em determinadas situações, o exame radiográfico evidencia lesões não identificadas durante inspeção externa inicial, aumentando a eficiência diagnóstica da necropsia. A Fig. 4 exemplifica a avaliação de fragmentos de membros em decomposição, com identificação de corpos estranhos e análise das superfícies ósseas do instrumento utilizado na agressão, direcionando a dissecação para as regiões de interesse pericial.

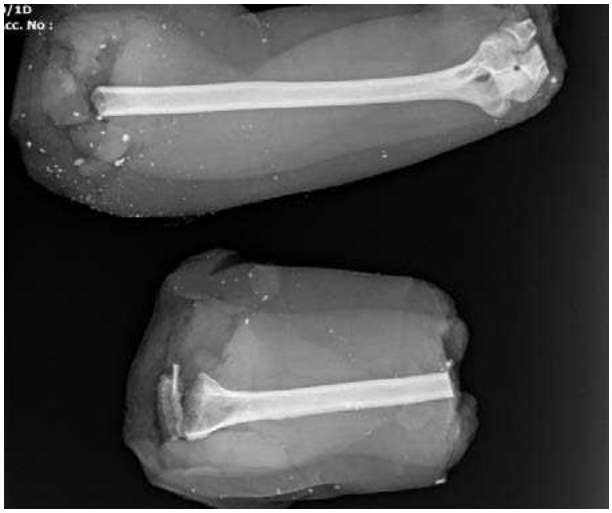


Figura 4. Fragmentos de membros em decomposição com identificação de corpos estranhos e análise das superfícies ósseas do instrumento utilizado na agressão.

Além dos benefícios diagnósticos, destacam-se vantagens relacionadas à biossegurança e organização operacional do setor pericial. A redução da manipulação direta do cadáver diminui exposição da equipe a fluidos biológicos, odores intensos e condições ambientais adversas frequentemente presentes em corpos em decomposição avançada.

A estrutura completamente blindada do equipamento permite aquisição das imagens sem exposição ocupacional significativa à radiação ionizante, possibilitando manutenção simultânea das atividades na sala de necropsia sem interrupção do fluxo operacional. Tal característica representa vantagem relevante em institutos com elevada demanda pericial.

Apesar de suas limitações, principalmente na avaliação detalhada de partes moles quando comparado à tomografia computadorizada e à ressonância magnética, o método apresenta excelente relação entre custo, rapidez operacional e aplicabilidade prática na rotina médico-legal [6,7].

A utilização de métodos de imagem na medicina legal vem adquirindo importância crescente em centros periciais internacionais, especialmente pela necessidade de documentação objetiva e reprodutível dos achados. A integração entre necropsia convencional e exames de imagem fortalece a capacidade investigativa e amplia as possibilidades diagnósticas em casos complexos.

A radiologia forense moderna não se limita apenas à identificação de projéteis ou fraturas. Atualmente, os exames de imagem participam ativamente da reconstrução da dinâmica traumática, avaliação de lesões penetrantes, análise de corpos carbonizados, investigação de maus-tratos, acidentes de massa e identificação humana em situações de desastres. Em cadáveres putrefeitos, a contribuição torna-se ainda mais relevante pela limitação da inspeção macroscópica tradicional, como demonstrado na Fig. 4, referente a fragmentos de projétil de arma de fogo identificados em cadáver em decomposição.



Figura 5. Fragmentos de projétil de arma de fogo em cadáver em decomposição.

A aquisição panorâmica de imagens pelo sistema FlatScan permite rápida avaliação global do cadáver, funcionando como verdadeiro método de rastreamento anatômico. Essa característica possibilita identificação precoce de regiões suspeitas, otimizando o planejamento da autópsia e reduzindo tempo operacional.

Outro aspecto relevante refere-se à documentação digital permanente dos achados radiológicos. A possibilidade de arquivamento em sistemas DICOM e revisão posterior das imagens por diferentes especialistas fortalece significativamente a qualidade técnico-científica da perícia médico-legal. Além disso, o armazenamento digital facilita auditorias, revisões judiciais e atividades acadêmicas.

A padronização técnica proporcionada pelo FlatScan também representa vantagem importante. A obtenção seriada de imagens em parâmetros semelhantes reduz variabilidade entre exames e favorece maior comparabilidade entre casos distintos. Em institutos médico-legais de grande volume operacional, essa padronização pode contribuir para uniformização dos protocolos periciais.

Em relação à biossegurança, a menor necessidade de manipulação do cadáver reduz exposição da equipe a materiais biológicos potencialmente contaminantes, especialmente em cenários envolvendo decomposição avançada, fluidos orgânicos abundantes ou risco infectocontagioso. Tal característica assume relevância adicional em contextos epidemiológicos específicos e em serviços com elevada demanda diária.

A possibilidade de realização do exame dentro do próprio setor necroscópico, sem necessidade de deslocamento do cadáver para outras áreas hospitalares ou radiológicas, também contribui para preservação da cadeia de custódia e diminuição do risco de perda de evidências periciais.

Embora métodos como tomografia computadorizada pós-morte apresentem maior capacidade de avaliação de partes moles, a radiografia digital em sistema FlatScan permanece extremamente útil pela rapidez, custo operacional relativamente menor e facilidade de incorporação à rotina pericial. Dessa forma, representa alternativa acessível e eficiente para expansão da radiologia forense em diferentes realidades institucionais.

5. CONCLUSÃO

A radiografia digital em sistema blindado FlatScan representa ferramenta estratégica na radiologia forense contemporânea, especialmente na avaliação de cadáveres em avançado estado de decomposição.

Sua utilização permite triagem pré-autópsia, identificação de achados relevantes, melhor direcionamento da dissecação e aumento da acurácia diagnóstica, contribuindo para maior eficiência do exame pericial. Em sistemas totalmente blindados, essas etapas podem ocorrer simultaneamente à rotina da sala de necropsia, sem interrupção do fluxo operacional.

Embora não substitua integralmente a necropsia convencional, o FlatScan constitui importante método complementar dentro da medicina legal moderna, favorecendo documentação objetiva, reprodutível e digital dos achados.

A crescente integração entre métodos de imagem e investigação pericial demonstra tendência consolidada de expansão da radiologia forense, especialmente em cenários complexos como cadáveres putrefeitos, identificação humana e análise de lesões traumáticas. Trata-se de tecnologia com potencial significativo para otimização da rotina pericial, aumento da segurança ocupacional e fortalecimento técnico da medicina legal contemporânea.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Geral de Perícias do Rio Grande do Sul (IGP-RS) e à Escola de Saúde Pública do RS pelo apoio institucional, bem como à Associação Brasileira de Criminalística (ABC) pela organização do evento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] LEANDERSON, L. L. S.; SOUZA, G. C. A.; MENDES, L. M. M. Aplicação da radiologia forense no IML/BH. Revista Criminalística e Medicina Legal, v. 4, n. 1, p. 16-23, 2019.

[2] GASCHO, D. Virtopsy: applying CT and MRI for modern forensic death investigations. Frontiers in Radiology, v. 5, 2025.

[3] DA LUZ SILVA, W. et al. O papel da radiologia forense no avanço das ciências legais. Revista REMECS, v. 8, n. 14, p. 108-119, 2023.

[4] KNIGHT, B. Knight's Forensic Pathology. 4. ed. CRC Press, 2016.

[5] SAUKKO, P.; KNIGHT, B. Knight's Forensic Pathology. 3. ed. Arnold, 2004.

[6] THALI, M.; DIRNHOFER, R.; VOCK, P. The Virtopsy Approach. CRC Press, 2009.

[7] GRABHERR, S.; GRIMM, J.; HEINEMANN, A. Forensic Imaging. Springer, 2016.

[8] O'DONNELL, C.; WOODFORD, N. Post-mortem radiology: a new sub-specialty? Clinical Radiology, v. 63, p. 1189–1194, 2008.

[9] CHRISTENSEN, A. M.; PASSALACQUA, N. V.; BARTELINK, E. J. Forensic Anthropology. Academic Press, 2014.

[10] DIMAIO, V. J. M. Gunshot Wounds. CRC Press, 2015.

[11] ROBERTS, I. S. D. et al. Post-mortem imaging as an alternative to autopsy. The Lancet, 2012.

[12] INTERNATIONAL SOCIETY OF FORENSIC RADIOLOGY AND IMAGING. Guidelines for post-mortem imaging.

[13] SEERAM, E. Digital Radiography. Springer.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Violência letal contra mulheres e indicadores macroestruturais: evidências de um painel global para inteligência analítica em segurança pública

F. C. Bitencourt[a], E. T. Pereira[b], L. Ferraz[a], J. P. S. Dutra[a],
G. P. A. Rocha[a], J. C. M. Narvaez[a], H. F. Moura[c]

[a]*Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Rio Grande do Sul (RS), Brasil*
[b]*Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul (RS), Brasil*
[c]*Universidade de Brasília, Distrito Federal (DF), Brasil*
Endereço de e-mail para correspondência: felipe.cb2511@gmail.com . Tel.: +55-51-989326694.

Palavras-chave: Homicídio feminino; violência letal; desigualdade estrutural; painel global; inteligência analítica. , decomposição, cadáver.

1. INTRODUÇÃO

A violência letal contra mulheres permanece como um desafio central na interseção entre segurança pública, direitos humanos e investigação criminal, sendo amplamente reconhecida como uma das formas mais extremas de violência de gênero [1-2]. Em escala global, o fenômeno apresenta significativa heterogeneidade entre países e ao longo do tempo, indicando que sua ocorrência não é aleatória, mas condicionada por fatores estruturais, socioeconômicos e institucionais [3]. Essa variabilidade reforça a importância de abordagens comparativas capazes de identificar padrões que transcendam contextos nacionais isolados, permitindo uma compreensão mais ampla das relações entre condições macroestruturais e violência letal de gênero.

Sob a perspectiva da criminalística e da perícia orientadas por dados, a identificação de padrões estruturais associados às taxas de homicídio feminino qualifica análises de risco territorial, subsidia a priorização de ações de monitoramento e fortalece a base empírica da inteligência forense [1]. A comparação internacional, porém, esbarra em limitações de padronização. Parte delas é conceitual, já que o feminicídio designa a morte violenta de mulheres por razões de gênero [4], enquanto as séries internacionais registram o homicídio feminino, que abrange qualquer morte violenta intencional de mulheres, sem considerar a motivação ou o vínculo com o agressor [1]. Os indicadores capazes de distinguir os dois conceitos apresentam elevada proporção de dados ausentes nas fontes usualmente acessíveis à pesquisa social [4]. Este estudo adota o segundo, menos específico quanto à motivação e substancialmente mais robusto quanto à comparabilidade entre países [5].

Diante desse cenário, permanece limitada a disponibilidade de análises globais que integrem indicadores estruturais de diferentes dimensões em uma base comparável e rastreável, permitindo avaliar de forma sistemática sua associação com a distribuição por sexo da violência letal. Essa lacuna motiva a pergunta que orienta este estudo: quais variáveis estruturais estão associadas à distribuição por sexo da violência letal em um painel global? Desse modo, o objetivo consiste na construção de uma base de dados integrada com rastreabilidade de fontes, na estimação de correlações e na discussão das implicações analíticas desses achados para o campo pericial.

2. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo ecológico observacional com estrutura de painel no nível país–ano, cobrindo o período de 2010 a 2023 em escala global. A unidade analítica foi definida de modo a permitir comparabilidade temporal e espacial entre diferentes contextos nacionais, possibilitando a análise de padrões

agregados e associações entre variáveis estruturais e desfechos de interesse. O delineamento adotado não visa inferência causal em nível individual, mas sim a identificação de relações em nível macro, compatíveis com a natureza agregada dos dados.

Foram utilizadas bases públicas internacionais provenientes do World Bank [5] e da plataforma Our World in Data [6], incluindo séries derivadas do UNDP [7], do UNODC [1], da União Interparlamentar [8] e da Organização Internacional do Trabalho [9]. A variável-alvo foi a "participação feminina na violência letal", definida como a razão entre a "taxa de homicídio feminino" e a "taxa geral de homicídios da população", que contempla ambos os sexos. Essa normalização isola a dimensão especificamente feminina da violência letal, descontando o efeito do nível geral de homicídios em cada contexto nacional e permitindo comparação mais robusta entre países heterogêneos. As sete covariáveis contemplam desenvolvimento socioeconômico, desigualdade de renda e de gênero, condições de saúde e participação social e econômica feminina, selecionadas por disponibilidade internacional e relevância teórica para o fenômeno investigado.

Formularam-se três hipóteses sobre a taxa absoluta de homicídio feminino, derivadas da literatura que associa desigualdade estrutural a maiores níveis de violência: associação positiva com "índice de desigualdade de renda" e "desigualdade de gênero" [10]; positiva com "mortalidade materna"; e negativa com "IDH" e "PIB per capita" [7]. A "participação feminina na violência letal" permite verificar se essas associações se mantêm quando se controla o nível geral de violência letal de cada contexto.

O painel foi construído por scripts versionados em Python, com países identificados por código ISO3 e observações alinhadas por ano de observação, integradas pela chave composta "ISO3 + year".

Para variáveis com múltiplas fontes disponíveis, adotou-se regra explícita de precedência, com fontes secundárias acionadas apenas na ausência da primária. No caso do "índice de desigualdade de renda", a cadeia foi World Bank (SI.POV.GINI), Our World in Data e Standardized World Income Inequality Database [11,12], versão 9.92, na série de Gini de renda disponível equivalente. A inclusão do SWIID reduziu de forma substancial a proporção de valores ausentes no subconjunto pareado.

O processamento analítico foi conduzido no subconjunto pareado de observações com "taxa de homicídio feminino" e "taxa geral de homicídios" simultaneamente disponíveis, condição operacional para o cálculo da razão. Para a investigação de associações entre a "participação feminina na violência letal" e as covariáveis estruturais, foram empregados coeficientes de correlação não paramétrica de Spearman (ρ) e Kendall (τ), apropriados para relações monotônicas e robustos a distribuições não normais. Para cada par foram reportados o coeficiente, o valor de significância estatística e o tamanho amostral, adotando-se nível de significância de 5%.

Como verificação de robustez, foram calculadas no mesmo subconjunto pareado a correlação bruta entre "taxa de homicídio feminino" e cada covariável e a correlação parcial entre ambas, controlando por "taxa geral de homicídios". A comparação contrasta a leitura baseada na taxa absoluta com a leitura baseada na razão normalizada.

Complementarmente, e distintamente da regressão auxiliar empregada no cálculo das correlações parciais, foi ajustado um modelo de regressão linear múltipla da "participação feminina na violência letal" sobre "IDH", "desigualdade de gênero", "índice de desigualdade de renda" e "PIB per capita", estimado por mínimos quadrados ordinários com erros-padrão robustos agrupados por país, de modo a acomodar a autocorrelação temporal das séries nacionais.

3. RESULTADOS

O painel consolidado totalizou 3.654 observações brutas, abrangendo 217 países entre 2010 e 2023. A construção da variável-alvo exige a disponibilidade simultânea de "taxa de homicídio feminino" e "taxa geral de homicídios", condição satisfeita por 1.477 observações, distribuídas em 146 países, compondo o subconjunto pareado que serviu de base operacional ao estudo. A maior proporção de ausências permaneceu no "índice de desigualdade de renda", atenuada pelo encadeamento de fontes, no qual, das 1.149 observações válidas obtidas, 825 provieram do World Bank e 324 do SWIID [11].

As correlações da "participação feminina na violência letal" com as covariáveis estruturais (Tab. 1) são positivas com os indicadores de desenvolvimento e negativas com os de desigualdade e vulnerabilidade social, todas com $p < 0,001$.

Tabela 1. Correlações entre a participação feminina na violência letal e as covariáveis estruturais.

Covariável	n	Spearman ρ	p	Kendall τ
IDH	1409	0,506	<0,001	0,344
PIB per capita	1477	0,340	<0,001	0,226
Mulheres no parlamento	1369	0,130	<0,001	0,089
Mulheres no trabalho	1384	0,129	<0,001	0,083
Mortalidade materna	1403	-0,522	<0,001	-0,358
Desigualdade de renda	1149	-0,552	<0,001	-0,391
Desigualdade de gênero	1298	-0,558	<0,001	-0,386

Subconjunto pareado, n = 1.477 observações em 146 países; agregados do Banco Mundial excluídos.

As quatro relações bivariadas centrais não são lineares (Fig. 1), com patamares nas faixas iniciais do "índice de desigualdade de renda" e do "IDH", achatamento nas faixas altas da "desigualdade de gênero" e saturação seguida de inversão no "PIB per capita", único caso não monotônico e de menor coeficiente entre os quatro. Essa forma ajuda a interpretar a baixa magnitude observada em "presença de mulheres no parlamento" e "participação feminina no mercado de trabalho", ambas em $\rho = +0{,}13$.

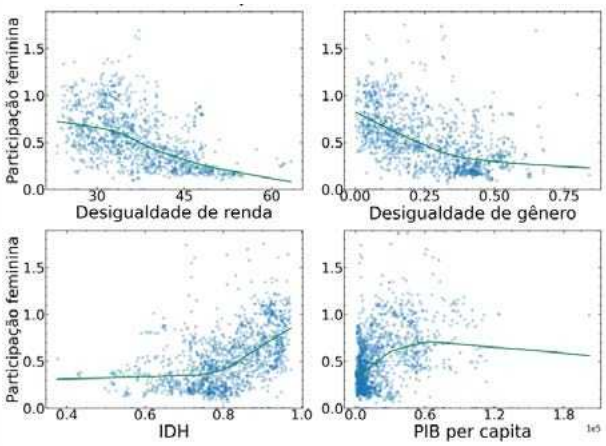


Figura 1. Participação feminina na violência letal e covariáveis estruturais, com curvas de suavização LOWESS. A desigualdade de renda corresponde ao índice de desigualdade de renda; o eixo vertical é truncado no percentil 99 da razão (1,90).

A distribuição espacial da razão acompanha o gradiente de desenvolvimento (Fig. 2), com os valores médios mais elevados nos países de maior desenvolvimento humano e econômico e os mais baixos nos países com elevada violência letal geral.

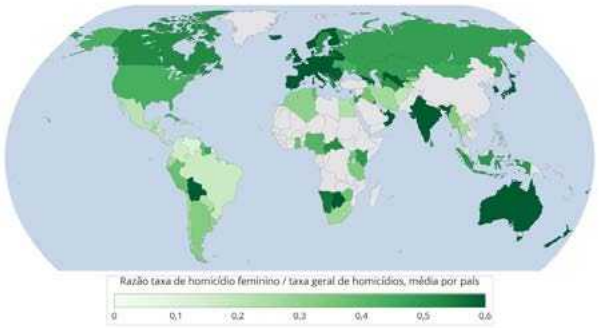


Figura 2. Mapa mundial da participação feminina na violência letal, média por país (2010–2023).

Como verificação de robustez, foram comparadas, no mesmo subconjunto pareado (n = 1.477), as correlações da "participação feminina na violência letal" com as correlações brutas de "taxa de homicídio feminino" e com as correlações parciais de "taxa de homicídio feminino" controlando por "taxa geral de homicídios". As correlações parciais apresentaram magnitude consideravelmente inferior à das brutas, indicando que grande parte das associações classicamente reportadas para "taxa de homicídio feminino" é compartilhada com o nível geral de violência letal. Já as correlações com a "participação feminina na violência letal" preservam magnitudes elevadas e direção interpretável, reforçando que a razão entre as duas taxas captura uma dimensão estruturalmente distinta da violência letal (Fig. 3).

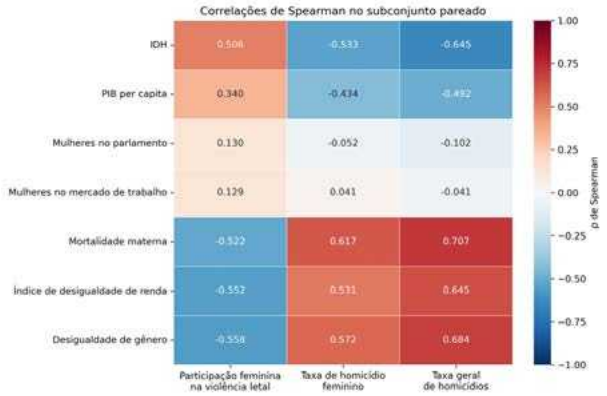


Figura 3. Heatmap de correlações de Spearman entre a participação feminina na violência letal e as covariáveis estruturais, sobre as observações país-ano do subconjunto pareado.

As três hipóteses confirmam-se nas correlações brutas ("mortalidade materna" $\rho = +0{,}617$; "desigualdade de gênero" +0,572; "índice de desigualdade de renda" +0,531; "IDH" −0,533; "PIB per capita" −0,434; todas com $p < 0{,}001$), e a inversão de sinal observada para a razão é justamente o que motiva a normalização.

Complementarmente às correlações bivariadas, ajustou-se um modelo de regressão linear múltipla da "participação feminina na violência letal" sobre "IDH", "desigualdade de gênero", "índice de desigualdade de renda" e "PIB per capita" (Tab. 2). A exigência simultânea das quatro covariáveis reduz o subconjunto analítico a 1.092 observações em 111 países. O modelo explicou cerca de um terço da variância e, no ajuste conjunto, apenas o "índice de desigualdade de renda" manteve significância estatística: um acréscimo de dez pontos no índice associa-se a uma redução de aproximadamente 0,15 na razão, cerca de um terço da mediana observada no subconjunto estimado (0,49). A perda de significância dos demais é compatível com a forte intercorrelação entre eles, de modo que a desigualdade de renda concentra boa parte da informação estrutural que esses indicadores compartilham.

Tabela 2. Regressão linear múltipla da participação feminina na violência letal.

Variável	β	EP	t	p
Intercepto	0,9381***	(0,2739)	3,42	0,0006
IDH	0,2105	(0,3293)	0,64	0,5226
Desigualdade de gênero	-0,2208	(0,1706)	-1,29	0,1955
Desigualdade de renda	-0,0151***	(0,0025)	-6,03	<0,0001
PIB per capita	1,6636e-06	(1,1801e-06)	1,41	0,1586

*MQO com erros-padrão robustos agrupados por país. n = 1.092 observações em 111 países; $R^2 = 0{,}333$; R^2 ajustado = 0,330; F = 27,10. Significância: *** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05.*

4. DISCUSSÃO

Os resultados apontam um padrão consistente quando se examina a fração feminina da violência letal, e não sua magnitude absoluta. Contextos de maior desenvolvimento humano e econômico tenderam a apresentar maior "participação feminina na violência letal", enquanto contextos marcados por maior desigualdade estrutural e vulnerabilidade social apresentaram menor participação relativa de mulheres entre as vítimas de homicídio. O padrão, à primeira vista contraintuitivo, sugere que os determinantes estruturais da violência letal afetam de maneira distinta homens e mulheres [1].

Sob uma perspectiva ecológica, a violência contra mulheres resulta da interação entre fatores individuais, relacionais, comunitários e estruturais, que operam simultaneamente e de forma não linear [13]. A "participação feminina na violência letal" não é medida direta de risco absoluto feminino, mas indicador composicional da distribuição de gênero da violência letal em determinado contexto social. Países com elevada violência geral tendem a apresentar sobremortalidade masculina mais intensa, associada à criminalidade armada e à violência interpessoal urbana, o que reduz proporcionalmente a participação feminina entre as vítimas totais. Homens e meninos correspondem a cerca de 81% das vítimas de homicídio em escala global [1].

A associação negativa observada entre "participação feminina na violência letal" e indicadores como "índice de desigualdade de renda", "desigualdade de gênero" e "mortalidade materna" não implica que países mais desiguais sejam mais seguros para mulheres em termos absolutos. Ao contrário, tais contextos frequentemente apresentam taxas femininas absolutas elevadas, em consonância com estudos que relacionam desigualdade estrutural a maiores níveis gerais de violência e criminalidade [10,14]. O resultado identificado indica, especificamente, que a violência letal masculina cresce de forma ainda mais intensa nesses ambientes, dominando numericamente o conjunto da mortalidade violenta e reduzindo a participação relativa das mulheres entre as vítimas totais [2].

Por outro lado, a associação positiva entre "participação feminina na violência letal" e "IDH" e "PIB per capita" é compatível com a hipótese de que melhorias institucionais e econômicas reduzem mais intensamente a violência letal masculina do que a feminina. Enquanto homicídios masculinos estão frequentemente associados a criminalidade urbana, disputas armadas e violência interpessoal de alta letalidade, a violência letal contra mulheres permanece mais vinculada ao espaço doméstico, relacional e familiar, mostrando-se relativamente mais resistente a ganhos gerais de desenvolvimento e capacidade estatal [7,15]. Esse padrão dialoga com o chamado "Nordic paradox", no qual países com elevados indicadores de igualdade de gênero apresentam prevalências relativamente altas de violência contra mulheres em comparação a contextos menos igualitários [16], sugerindo que indicadores agregados de desenvolvimento não se traduzem linearmente em redução proporcional da violência baseada em gênero.

As associações positivas de baixa magnitude de "participação feminina no mercado de trabalho" e "presença de mulheres no parlamento" sugerem efeitos dependentes de contexto, mediações institucionais ou relações não lineares, e reforçam que médias nacionais podem ocultar elevada variabilidade interna, tornando inadequadas interpretações homogêneas dos países enquanto unidades analíticas estáveis [16].

O debate transnacional opõe a hipótese de amenização, segundo a qual maior status feminino associa-se a menor violência contra mulheres, à hipótese de reação, e os testes recentes sugerem que a resposta depende da dimensão observada: em séries longas do UNODC, ganhos femininos em cargos políticos não apresentaram relação com as taxas de homicídio, enquanto a integração ao mercado de trabalho descreveu curva não monotônica, com inversão de sinal em torno de 40% de participação feminina [18].

A análise de robustez sustenta essa interpretação. Quando se olha apenas para a taxa de homicídio feminino, boa parte das associações com os indicadores estruturais reflete o peso da violência letal geral de cada país: a "mortalidade materna" passa de $\rho = 0{,}617$ na correlação bruta para $\rho = -0{,}031$ na parcial, estatisticamente indistinguível de zero ($p = 0{,}252$; $n = 1.403$). Já as associações com a "participação feminina na violência letal" permanecem consistentes em direção e magnitude. Onde a violência letal é alta, a morte de mulheres não desaparece, sendo numericamente ofuscada por uma mortalidade masculina ainda maior, e normalizar pelo total de homicídios torna visível a dimensão de gênero que a taxa absoluta mantém em segundo plano. Esses achados reforçam que igualdade de gênero e desenvolvimento não operam como bloco homogêneo, pois avanços na inserção política ou no mercado de trabalho são dimensões parciais, que não se traduzem automaticamente em proteção no espaço privado e interpessoal.

Do ponto de vista metodológico, algumas limitações devem ser consideradas. O caráter ecológico do estudo impede inferências causais em nível individual, restringindo a análise a associações agregadas e su-

jeitando-a ao risco de falácia ecológica [19]. A "participação feminina na violência letal" representa uma razão derivada entre taxas distintas e deve ser interpretada como aproximação da composição de gênero da violência letal, e não como medida estrita de risco relativo. Regras de contagem e definições legais de homicídio variam entre países e afetam sistematicamente o que chega às estatísticas oficiais, de modo que parte do gradiente observado pode refletir qualidade de informação [17]. Por fim, a exigência simultânea das duas séries de homicídio reduz a cobertura a países com sistemas estatísticos relativamente mais consolidados, podendo introduzir viés de disponibilidade.

5. CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que a interpretação da violência letal contra mulheres varia substancialmente conforme se analisa sua magnitude absoluta ou sua participação relativa dentro da violência letal total. Enquanto países marcados por maior desigualdade estrutural concentram níveis elevados de violência letal global, contextos mais desenvolvidos tendem a apresentar maior "participação feminina na violência letal", o que sugere que a redução da violência masculina ocorre de forma mais intensa do que a da violência letal feminina. A razão mostrou-se útil como indicador composicional da distribuição sexual da violência letal, permitindo distinguir contextos em que a violência feminina permanece proporcionalmente elevada mesmo diante de baixos níveis gerais de homicídio. Os resultados sugerem que avanços gerais em desenvolvimento econômico e segurança pública não substituem políticas específicas de prevenção da violência baseada em gênero, e que estratégias de inteligência analítica e integração de dados estruturais podem contribuir para o planejamento de políticas públicas e ações de prevenção.

Como agenda futura, recomenda-se o desenvolvimento de modelos multiníveis e análises longitudinais capazes de integrar fatores individuais, comunitários e estruturais ao longo do tempo, aprofundando a compreensão dos mecanismos sociais associados à violência letal contra mulheres em diferentes contextos sociopolíticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] United Nations Office on Drugs and Crime. *Global Study on Homicide 2023*. UNODC, Vienna (2023).

[2] World Health Organization. *Violence against women prevalence estimates, 2018*. WHO, Geneva (2021).

[3] United Nations Department of Economic and Social Affairs. *World Population Prospects 2022*. United Nations, New York (2022).

[4] Dawson, M.; Carrigan, M. Identifying femicide locally and globally: understanding the utility and accessibility of sex/gender-related motives and indicators. *Current Sociology* **69(5)**: 682–704 (2021).

[5] World Bank. *World Development Indicators*. World Bank, Washington, DC (2023).

[6] Ritchie, H.; Roser, M.; Rosado, P. *Our World in Data*. Global Change Data Lab, Oxford (2024).

[7] United Nations Development Programme. *Human Development Report 2021/2022: Uncertain Times, Unsettled Lives*. UNDP, New York (2022).

[8] Inter-Parliamentary Union. *Women in National Parliaments Dataset*. IPU, Geneva (2023).

[9] International Labour Organization. *ILOSTAT Database*. ILO, Geneva (2023).

[10] Wilkinson, R.; Pickett, K. *The Spirit Level: Why More Equal Societies Almost Always Do Better*. Allen Lane, London (2009).

[11] Solt, F. Measuring income inequality across countries and over time: the Standardized World Income Inequality Database. *Social Science Quarterly* **101**: 1183–1199 (2020).

[12] Solt, F. *The Standardized World Income Inequality Database (SWIID), Version 9.92*. Harvard Dataverse (2026). doi:10.7910/DVN/LM4OWF.

[13] Heise, L. L. Violence against women: an integrated, ecological framework. *Violence Against Women* **4(3)**: 262–290 (1998).

[14] Fajnzylber, P.; Lederman, D.; Loayza, N. Inequality and violent crime. *Journal of Law and Economics* **45(1)**: 1–39 (2002).

[15] Nivette, A. E. Cross-national predictors of crime: a meta-analysis. *Homicide Studies* **15(2)**: 103–131 (2011).

[16] Gracia, E.; Merlo, J. Intimate partner violence against women and the Nordic paradox. *Social Science & Medicine* **157**: 27–30 (2016).

[17] Buil-Gil, D.; Pina-Sánchez, J.; Aebi, M. F. The effect of counting rules on cross-national comparisons of homicide. *Social Indicators Research* **181(1)**: art. 44 (2026).

[18] Santos, M. R.; Jacobson, D.; Georgiev, G. G. The cross-national relationship between women's autonomy and long-term homicide trends. *International Criminology* **1(4)**: 299–314 (2021).

[19] Robinson, W. S. Ecological correlations and the behavior of individuals. *American Sociological Review* **15(3)**: 351–357 (1950).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Relato de caso: intoxicação exógena por arsênio

A. L. Araújo[a*], A. U. Petry[a], K. C. Crespo[a], R. P. Baldasso[a], C. C. Bettoni[b], V. Fassina[b], R. C. Vieira[c], D. C. Paim[c], D. C. Santos[c], M. C. Barros[a]

[a]*Departamento Médico-Legal, Instituto-Geral de Perícias, Porto Alegre (RS), Brasil*
[b]*Departamento de Perícias Laboratoriais, Instituto-Geral de Perícias, Porto Alegre (RS), Brasil*
[c]*Departamento de Criminalística, Instituto-Geral de Perícias, Porto Alegre (RS), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: anelisi-araujo@igp.rs.gov.br. Tel.: +55-53-99997-3644.*

Palavras-chave: Perícia; criminalística; medicina legal; exames laboratoriais; intoxicação.

1. INTRODUÇÃO

A necrópsia pós-exumação constitui procedimento médico-legal indicado quando há necessidade de obtenção ou complementação de prova pericial, especialmente em casos de morte suspeita ou quando surgem novos elementos no curso da investigação [1]. Entre as causas de morte violenta ou suspeita, o envenenamento por arsênio permanece relevante na prática forense, devido à sua elevada toxicidade, possibilidade de administração dissimulada e dificuldade diagnóstica. Os sinais clínicos e achados necroscópicos podem ser inespecíficos e facilmente confundidos com processos patológicos naturais, como intoxicações alimentares ou infecções gastrointestinais. Além disso, o arsênio apresenta propriedades que podem interferir nos fenômenos cadavéricos, retardando a decomposição e, em alguns casos, favorecendo a preservação tecidual e a mumificação parcial do cadáver, aspecto que pode levantar suspeitas diagnósticas durante exames necroscópicos tardios. Nesse contexto, a investigação toxicológica assume papel fundamental na elucidação da *causa mortis*, especialmente em situações em que o intervalo *post mortem* é prolongado e os achados morfológicos são limitados [2]. O presente trabalho descreve um caso de intoxicação exógena fatal por arsênio diagnosticada de forma conjunta e inovadora por meio de perícia ambiental, perícia médico-legal e perícia toxicológica, destacando os desafios diagnósticos e a importância do trabalho integrado na determinação da *causa mortis* em contexto forense.

2. RELATO DE CASO

Em 2025 foi realizada exumação em cemitério localizado na cidade de Canoas, Rio Grande do Sul, por requisição da autoridade, com o objetivo de esclarecer suspeita de morte violenta não notificada à época do óbito. O indivíduo exumado tratava-se de homem de 68 anos, que evoluiu a óbito em ambiente hospitalar cerca de quatro meses antes da exumação. De acordo com a documentação médico-hospitalar revisada, o periciado apresentou quadro agudo de hipotensão, êmese, diarreia e cólicas abdominais com evolução aproximada de 24 horas. Na declaração de óbito, foram registradas septicemia e infecção intestinal como causas básicas da morte à ocasião. A exumação foi conduzida por equipe multidisciplinar composta por peritos médico-legistas, peritos criminais e fotógrafo criminalístico. Após a abertura do jazigo, foi realizada triagem preliminar *in loco* para detecção de arsênio por meio do método de fluorescência de raio X*, a qual identificou a presença do elemento no interior do jazigo em concentrações variando entre 3 e 5 ppm. O caixão foi removido e encaminhado ao Departamento Médico-Legal do Instituto-Geral de Perícias para realização de necrópsia pós-exumação.

2.1. Necrópsia pós-exumação

À abertura do caixão, observou-se cadáver do sexo masculino em avançado estado de decomposição, com sinais de putrefação avançada, em esqueletização parcial particularmente em face, membros superiores

e segmentos distais dos membros inferiores. Notava-se preservação relativa de segmentos do tronco e pelve, com tegumento de aspecto coriáceo e ressequido, compatível com fenômeno conservador do tipo mumificação parcial. Internamente, os órgãos torácicos e abdominais mostravam-se relativamente individualizáveis, embora com consistência amolecida e alterações compatíveis com putrefação. Observava-se atividade entomológica restrita, caracterizada pela presença de insetos adultos no interior do caixão, sem evidência significativa de colonização larvária no tegumento, sendo identificadas larvas apenas em tecido encefálico remanescente. Foram coletadas amostras biológicas e materiais diversos para análise toxicológica, incluindo fragmentos de fígado, rins, estômago, baço, vesícula biliar, pele, unhas e cabelos, bem como materiais do interior do caixão.

2.2. Exames complementares

Paralelamente à necrópsia, foi realizada triagem preliminar *in loco* para detecção de arsênio por meio do método de fluorescência de raio X, a qual identificou a presença do elemento em diferentes amostras, com concentrações variando entre valores abaixo do limite de detecção e até 383 ppm, sendo esta última observada em fragmento hepático. Posteriormente, exames laboratoriais confirmatórios evidenciaram a presença de arsênio em concentrações elevadas nas amostras biológicas. No fígado, foi detectada concentração de 161.962,25 µg/kg, enquanto no estômago a concentração foi de 263.787,19 µg/kg, valores considerados compatíveis com intoxicação aguda grave e potencialmente letal. De acordo com a literatura toxicológica e com os parâmetros utilizados pelo laboratório responsável pela análise das amostras, as concentrações identificadas mostraram-se compatíveis com exposição aguda ao arsênio em níveis associados a desfecho fatal [3].

3. DISCUSSÃO

A toxicidade do arsênio vem da capacidade da substância interromper processos químicos básicos dentro do organismo. O arsênio exerce toxicidade principalmente por sua ligação aos grupos sulfidrila de enzimas envolvidas no metabolismo oxidativo celular, interferindo na fosforilação oxidativa mitocondrial e comprometendo a produção de energia celular. Essa ação determina importante dano multissistêmico, especialmente sobre trato gastrointestinal, sistema cardiovascular, fígado, rins e sistema nervoso central [2]. A presença do elemento químico no fígado e no estômago permite concluir que houve ingesta de arsênio por parte do periciado. Nestes casos, o envenenamento agudo por arsênio pode facilmente ser confundido com uma intoxicação alimentar e/ou uma infecção intestinal. Cerca de meia a uma hora após a ingestão, inicia uma síndrome coleriforme, com vômitos, gosto amargo, sensação de queimação e constrição na garganta, náuseas, cólicas intestinais e, um pouco mais tarde, diarreia abundante aquosa ou sanguinolenta, o que leva a uma enteropatia perdedora de albumina, bem como a uma perda de hidroeletrólitos. Há, portanto, desidratação que pode causar sede insaciável, cãibras nos pés e nas panturrilhas, cefaléia, etc. Nos casos graves, o acúmulo de líquido no terceiro espaço, juntamente com a diarreia intensa, pode causar hipotensão, choque, insuficiência renal aguda e morte. O envenenamento por arsênio também pode cursar com uma cardiomiopatia tóxica e degeneração das fibras miocárdicas, a qual determina arritmias cardíacas (podendo ocasionar morte súbita), além de choque cardiogênico e subsequente edema agudo de pulmão [2].

O quadro clínico observado no presente caso mostrou-se compatível com a apresentação clássica da intoxicação arsenical aguda descrita na literatura, evidenciando a dificuldade diagnóstica desses casos, frequentemente confundidos com processos infecciosos gastrointestinais ou septicêmicos. Embora os achados do presente caso não permitam afastar eventual exposição prévia ao arsênio, a evolução clínica observada imediatamente antes do óbito é compatível com um episódio agudo de intoxicação. Diferentemente das intoxicações crônicas, caracterizadas por alterações cutâneas, neuropatias periféricas e acometimento sistêmico progressivo, os casos agudos costumam manifestar-se por intenso comprometimento gastrointestinal, associado a importante perda hidroeletrolítica e instabilidade hemodinâmica. No presente caso, a presença de êmese, diarreia, cólicas abdominais e hipotensão, com evolução para óbito em curto intervalo de tempo, mostra-se compatível com o padrão clássico descrito para intoxicação arsenical aguda [2]. Do ponto de vista fisiopatológico, a inibição de enzimas envolvidas no metabolismo energético celular determina lesão tecidual difusa e disfunção multissistêmica. As alterações gastrointestinais observadas nesses casos resultam tanto da ação irritativa direta do arsênio sobre a mucosa digestiva quanto dos efeitos sistêmicos decorrentes da falência metabólica celular. A rápida deterioração clínica observada no presente caso encontra respaldo nesses mecanismos, descritos como responsáveis pelos quadros mais graves de intoxicação arsenical [2]. Na necrópsia, pode haver extrema dificuldade em se detectar o envenenamento no cadá-

ver se não houver uma forte suspeita prévia quanto ao uso do veneno, pois as lesões que produz são inespecíficas e muito semelhantes, senão iguais, aos processos patológicos espontâneos com os quais pode ser confundido. Quanto ao mecanismo de ação, o arsênio é cáustico, irritante e pode produzir lesões ulcerativas tanto na pele quanto nas mucosas com as quais entra em contato. São alterações possíveis de serem encontradas nas necrópsias dos casos de envenenamento agudo por arsênio: petéquias e intensa congestão na superfície externa do trato digestivo; mucosa do trato digestivo (da língua ao intestino) avermelhada, difusamente edemaciada e com dilatação vascular, podendo haver sufusões hemorrágicas e, mais raramente, áreas necrose e ulceração; dilatação e atonia predominantemente do intestino delgado, com mucosa congesta, presença de vesículas, edema da submucosa e necrose epitelial; líquido límpido e incolor no intestino delgado, com produtos de descamação epitelial na forma de grãos brancos semelhantes ao arroz cozido (grãos riciformes); estômago com mucosa avermelhada, edemaciada e congesta, sem úlceras; fígado com hepatomegalia e degeneração gordurosa; baço mole, pouco consistente e de cor pálida, com esplenomegalia; rins com congestão, degeneração gordurosa, pontilhado hemorrágico e necrose tubular, bem como das células papilares e uroteliais; coração pálido, mole e hipotônico, com degeneração gordurosa; hemorragia subendocárdica intensa, com pequenas bolhas de sangue por baixo do endocárdio da metade superior do septo interventricular e nos músculos papilares da válvula mitral; pulmões com congestão e pontilhado hemorrágico; cérebro com congestão e pontilhado hemorrágico. No entanto, no caso em tela não foram identificadas as alterações acima descritas: o tempo decorrido entre o óbito e o exame pode ter prejudicado a identificação dos achados [2]. Apesar das limitações impostas pelo intervalo *post mortem* prolongado, a exumação permanece procedimento de grande relevância na investigação de mortes suspeitas. Em situações nas quais surgem novos elementos investigativos após a inumação, a recuperação de amostras biológicas preservadas pode possibilitar a realização de exames complementares capazes de esclarecer a causa da morte, especialmente em casos de intoxicação exógena, nos quais os achados morfológicos frequentemente são inespecíficos ou inexistentes [1,2].

Após o óbito, inicia-se uma complexa série de processos bioquímicos que resultam em consideráveis alterações da estrutura e da composição do corpo. O cadáver sofre várias alterações decorrentes da perda da homeostase entre os diferentes órgãos e sistemas do organismo, os quais terminam por desorganizar os restos cadavéricos [4]. No presente caso, considerando-se o tempo de morte de cerca de 04 meses, esperava-se que o corpo, em avançado estado de putrefação externa e internamente, apresentasse órgãos reduzidos de forma conjunta a uma massa enegrecida não identificável. Contudo, apesar do corpo encontrar-se em avançado estado de putrefação, com crânio e face esqueletizados, o tórax, o abdome, a pelve e as coxas mostravam-se mumificados (fenômeno cadavérico conservador). Além disso, internamente os órgãos estavam macroscopicamente individualizáveis, identificáveis e com preservação de sua arquitetura. Nos casos de envenenamento agudo por arsênio, caracteristicamente há uma preservação anormalmente prolongada do cadáver, em alguns casos produzindo até mesmo a mumificação do corpo. A influência conservadora do arsênio é indireta, uma vez que, em decorrência da desidratação produzida pela diarreia profusa, há um terreno pouco favorável ao crescimento de bactérias que irão proceder à putrefação tecidual [5,6].

Além disso, observou-se atividade entomológica reduzida, com ausência de colonização larvária significativa no tegumento, sendo identificadas larvas apenas em tecido encefálico remanescente. A desidratação tecidual decorrente da mumificação parcial pode tornar o substrato menos favorável ao desenvolvimento larvário, contribuindo para padrão entomológico distinto daquele habitualmente observado em cadáveres com intervalo post mortem semelhante [2]. No presente caso, antes da realização da necrópsia pós-exumação, havia a suspeita, por parte da autoridade policial, quanto ao uso de arsênio provocando o resultado fatal. Assim, foi utilizado o método de fluorescência de raio X no jazigo e em um fragmento de fígado, e o equipamento identificou a presença de arsênio na amostra analisada. Como a madeira do caixão é tratada com arsênio, a substância identificada no jazigo pode ser do próprio caixão, e não do corpo. No entanto, o uso dessa tecnologia em necrópsia ainda não está validada, não sendo possível valorizar esse achado de forma isolada. Assim, houve a necessidade de enviar amostras de órgãos e tecidos para análise laboratorial.

4. CONCLUSÕES

O caso relatado evidencia a importância da atuação integrada entre criminalística, medicina legal e perícias laboratoriais na elucidação da *causa mortis*, permitindo a confirmação de intoxicação exógena aguda por arsênio em concentrações letais. Além disso, destaca a relevância da correlação entre os achados tanatológicos e a análise toxicológica em casos de morte suspeita com intervalo post mortem prolongado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] F.S. Benfica; M. Vaz. Medicina Legal. Livraria do Advogado, Porto Alegre, Brasil (2019).

[2] J.A.G. Calabuig. Medicina Legal y Toxicología. Elsevier Masson, Barcelona, Espanha (2004).

[3] R.C. Baselt. Disposition of Toxic Drugs and Chemicals in Man. Biomedical Publications, United States of America (2020).

[4] M.T. Ferreira; L.S. Bordoni; Y.V. Lemos. Estimativa do intervalo post mortem tardio em Antropologia Forense. In: C.E.P. Machado; A.R. Deitos; J.A. Velho; E. Cunha (Org.). Tratado de Antropologia Forense: Fundamentos e Metodologias Aplicadas à Prática Pericial. Millennium Editora, Campinas, Brasil (2022).

[5] H. de C. Hércules. Medicina Legal – Texto e Atlas. Editora Atheneu, Rio de Janeiro, Brasil (2025).

[6] G.V. França. Medicina Legal. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, Brasil (2016).

*Espectrômetro portátil de fluorescência de Raios X, Modelo XL5 Plus G + C + M + S + P, marca Thermo Scientific.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Organização, padronização e otimização de processos no Setor de Perícias Ambientais: impactos na eficiência operacional

K. Kellermann[a,*], B. S. Machado[a], J. P. P. Vieira[a]

[a]*Superintendência Regional de Polícia Científica em Florianópolis, Polícia Científica de Santa Catarina, Florianópolis (SC), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: katherine.kellermann@policiacientifica.sc.gov.br. Tel.: +55-49-98878-5362.*

Palavras-chave: eficiência; exames indiretos; gestão de exames ambientais; melhoria de processos

1. INTRODUÇÃO

As atividades pré e pós exames periciais, frequentemente realizadas nos "bastidores" da perícia, ocupam parcela significativa das horas de trabalho dos servidores nas instituições de perícia criminal. Entre essas atividades cabe citar, por exemplo, a elaboração de documentos técnicos e administrativos, o planejamento de saídas de campo, a comunicação com diferentes órgãos, bem como a organização de registros digitais e de vestígios físicos, entre outras tarefas necessárias à adequada condução dos exames.

No setor de perícias ambientais, em particular, a natureza multidisciplinar dos exames, aliada à diversidade e ao volume de demandas atendidas, tende a ampliar a complexidade das rotinas de trabalho. Assim, a organização e a padronização de tarefas frequentemente consideradas secundárias aos exames periciais podem assumir papel ainda mais relevante para a melhoria da eficiência operacional do setor.

A Polícia Científica de Santa Catarina (PCISC) apresentava, em janeiro de 2020, uma demanda reprimida estadual de 631 laudos periciais na área ambiental, sendo 102 destes sob responsabilidade do Setor de Perícias Ambientais da Superintendência Regional de Polícia Científica em Florianópolis (SEPAM/SR-FLN). Diante desse cenário, tornou-se necessária a adoção de diferentes medidas voltadas à redução do passivo, que incluíram tanto tomadas de decisões técnicas (como o início da realização de exames periciais indiretos) quanto a implementação de ferramentas e práticas de organização e gestão das rotinas operacionais, que serão o foco do presente trabalho.

Apesar da relevância prática do tema, a literatura apresenta poucos trabalhos que tratam, especificamente, da gestão de processos em órgãos de perícia forense. Entretanto, cabe mencionar o trabalho de Alfaro e colaboradores [1], que apresentou os resultados da utilização da abordagem "Lean Six Sigma" na rotina de um laboratório de balística forense. Os autores concluíram que mais da metade do tempo era investido em etapas que no presente trabalho estão sendo classificadas como pré e pós exames periciais, e indicaram algumas medidas que foram tomadas para otimização. No contexto brasileiro, Resende e Silva e colaboradores propuseram estratégias para a gestão de processos envolvendo perícias em crimes de trânsito [2].

Vislumbrou-se que o presente estudo permitiria a sistematização e divulgação destes tipos de práticas, considerando a escassez de trabalhos voltados sobre o tema, possibilitando o compartilhamento de experiências e o intercâmbio de soluções, bem como o estímulo a iniciativas de aprimoramento similares.

2. OBJETIVO

Analisar as ferramentas de organização, padronização e otimização implementadas na rotina do SEPAM/SRFLN, com ênfase nas atividades pré e pós-exames periciais, por meio da avaliação qualitativa de seus impactos na eficiência operacional.

3. METODOLOGIA

Foi realizado um levantamento descritivo das práticas de organização, padronização e otimização adotadas no setor a partir de 2020, acompanhado de análise qualitativa de seus efeitos sobre a rotina de trabalho e a gestão das demandas periciais.

4. RESULTADOS

4.1. Breve histórico do setor (a partir de 2020)

O SEPAM/SRFLN é responsável pelos atendimentos de exames periciais da área abrangida pelo município de Florianópolis, relacionados a investigações de crimes contra a flora, de poluição, de intervenção em áreas ou bens especialmente protegidos, de parcelamento e outras intervenções irregulares no solo, bem como de parte dos exames referentes a crimes contra a fauna. Também, realiza exames em objetos relacionados a estas diversas condutas. O setor inclui uma seção vinculada, o Laboratório de Análise de Água e Efluentes, que atua na realização de análises quantitativas de amostras coletadas em locais de suspeita de poluição hídrica em todo o estado. Este trabalho não contemplou a dinâmica e os dados desta seção, que possui fluxos distintos.

Em relação aos recursos humanos disponíveis, o SEPAM/SRFLN contava com 3 peritos dedicados em 2020, com alterações dos servidores designados no decorrer do período e, a partir de 2024, o quantitativo se manteve em 2 peritos. Por outro lado, o setor não dispunha de Agente de Polícia Científica dedicado ao setor, passando a contar com 1 agente a partir de 2020 e com 2 após meados de 2025.

A quantidade de entrada mensal de novos casos no setor não é constante, variando de 7 até 84 novas solicitações por mês no período considerado. No mês de dezembro de 2022, o SEPAM/SRFLN atingiu o pico histórico de demanda reprimida, com 309 laudos periciais pendentes. Nesta época, as demandas de perícias ambientais da região abrangida pela Superintendência Regional de Polícia Científica em Balneário Camboriú também eram atendidas pelo SEPAM/SRFLN.

Medidas para tentar controlar a demanda reprimida foram adotadas ao longo dos anos (2020-2026), de forma gradual, sendo a principal delas o início da realização de exames periciais indiretos para parte dos casos, o que até então não era uma prática corriqueira. Neste sentido, foi emitida uma ordem de serviço que regulamentava os critérios para adoção desse tipo de exame a nível estadual. Apesar de não ser considerada a situação ideal, a escalada da demanda e a limitação de pessoal não permitiu outra possibilidade imediata viável.

Nesse período também foram recebidos, com recursos orçamentários próprios do órgão ou via projetos, novas ferramentas no SEPAM/SRFLN (não disponíveis anteriormente): aparelho celular funcional e tablet; bem como substituição de algumas que estavam defasadas: aparelho receptor GNSS, sistema de aeronave remotamente pilotada, computadores de alto desempenho etc.

Portanto, tendo em vista os diversos fatores que sofreram alterações no período considerado, tornou-se inviável avaliar individualmente como o uso de ferramentas de organização e padronização, isoladamente, afetaram quantitativamente a redução da demanda reprimida no setor, restando possível apenas a descrição qualitativa dos resultados constatados de forma individualizada para cada ação. Apesar disso, cabe mencionar que no mês de março de 2026 a demanda reprimida do SEPAM/SRFLN era de 163 laudos periciais, o que representa uma queda de aproximadamente 47% em relação ao ano de 2022 (pico histórico).

4.2 Análise das ações tomadas e respectivas melhorias

Os resultados das análises individualizadas das ações tomadas foram pormenorizados no Quadro 1, com ênfase nas atividades pré e pós exames. Foi possível identificar quatro grupos principais de melhorias, associadas a diferentes atividades:

a) Digitalização e organização das informações: dispensa de documentos físicos; centralização das informações dos casos, permitindo visualização resumida em páginas únicas (mapa e planilha) e facilidade para localizar dados específicos.

b) Agilidade na gestão e planejamento dos atendimentos: maior rapidez para definir casos a serem atendidos nas saídas de campo, para identificar solicitações duplicadas e decidir sobre inviabilidade de exames e formas de atendimento.

c) Melhoria em comunicações e troca de informações internas e externas, incluindo o registro destas: facilidade na troca de informações relevantes sobre os casos entre servidores, registros por escrito de conversas com envolvidos externos, maior facilidade na obtenção de informações de outros órgãos e emissão de documentação.

d) Otimização da produção técnica e ampliação de atendimentos indiretos: agilidade na elaboração de documentos e laudos com uso otimizado de ferramentas de texto, maior rapidez de resposta às autoridades solicitantes e ampliação das possibilidades de realização de exames indiretos por diferentes fatores.

5. CONCLUSÕES

A adoção de intervenções relativamente simples, frequentemente baseadas em ferramentas já disponíveis nas próprias instituições, permite pequenos aumentos de eficiência e agilidade em etapas individuais dos processos, o que pode resultar em impactos significativos quando consideradas em conjunto no fluxo de atividades pré e pós-exames periciais.

Embora algumas dessas medidas possam exigir investimento inicial de tempo para sua implementação, seu posterior uso contínuo e em grande volume tende a gerar economia substancial de tempo nas rotinas administrativas e técnicas, além de contribuir para maior uniformidade e padronização dos procedimentos adotados. Essa organização pode, ainda, reduzir a ocorrência de erros operacionais e evitar inconsistências em documentos emitidos e em registros internos.

O impacto dessas iniciativas torna-se ainda mais significativo quando se considera que o prazo prescricional de muitos crimes ambientais pode ser relativamente exíguo frente aos trâmites convencionais da persecução penal. Nesse cenário, melhorias incrementais em cada etapa das atividades desenvolvidas podem contribuir para a maior celeridade na produção dos laudos e, consequentemente, para a efetividade da resposta institucional às demandas investigativas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] C.R. Alfaro; G.B. Madrigal; M. C. Hernzandez. Improving forensic processes performance: A Lean Six Sigma approach. *FSISynergy* 2: 90–94 (2020).

[2] M. Resende e Silva; E.R. de Freitas, G.C.X. Santos. Gestão de processos na perícia criminal: desafios e estratégias na produção de laudos de crimes de trânsito. *Revista FT*: 29 (2025).

Quadro 1. Apresentação dos resultados obtidos

Atividade	Antes	Otimização	Melhoria constatada
Comunicação com delegacias e órgãos ambientais para obtenção de informações complementares ou com envolvidos para acesso a terrenos delimitados	Predominância de comunicação por ofício à delegacia para obtenção de informações complementares, que frequentemente eram recebidas em baixa resolução	Comunicação direta com o órgão ambiental municipal para obtenção dos relatórios de fiscalização em resolução adequada	Agilidade para tomada de decisão quanto a possíveis atendimentos indiretos; Aumento da abrangência de atendimentos indiretos
	Contato com envolvidos externos predominantemente via ligação telefônica	Contato via whatsapp funcional	Facilidade e rapidez para comunicação; manutenção dos registros de conversas
	Solicitações de informações complementares exclusivamente às delegacias	Busca direta em sistemas processuais de diversos órgãos (Ministério Público, Judiciário, Órgãos ambientais)	Maiores possibilidades de exames indiretos
Análise de casos pendentes de atendimento	Uso exclusivo do sistema oficial da PCISC e do mapa de casos	Planilha adicional com anotações resumidas do caso, incluindo resumo breve, possível presença de curso d'água, perguntas/respostas entre os servidores, anotações de pendências de envio de documentação complementar por diferentes órgãos, classificação do atendimento (exame indireto ou direto, resposta por ofício etc.)	Agilidade para obter informações simples do caso; Permite uma visualização global dos casos, de forma resumida, em página única; Facilidade na comunicação e registro de informações e tomada de decisão dos casos entre os servidores do setor; Agilidade na definição dos casos a serem atendidos nas saídas de campo
	O caso era analisado com maior critério apenas quando selecionado para atendimento	Avaliação prévia mais crítica dos casos, com a devida classificação da forma do atendimento (indireto/direto/resposta por ofício); Tomada de decisão padronizada para casos de perícia inviabilizada	Maior rapidez de resposta à autoridade solicitante, especialmente para casos em que o exame não será realizado

Atividade	Antes	Otimização	Melhoria constatada
Manutenção do mapa de casos	Uso do Google Earth Desktop com poucas subdivisões; casos atendidos não eram mantidos no mesmo arquivo, mas separados por cada perito responsável pelo atendimento	Mudança para o Google Earth Online para facilitar as edições por mais de um usuário; Separação por cores e subníveis, incluindo destaques a casos com possível presença de curso d'água, que necessitam maior cuidado com o histórico recente de precipitação; Junção de casos atendidos e não atendidos no mesmo arquivo/projeto	Agilidade na seleção de casos a atender e de identificação de casos com solicitações duplicadas; Facilidade na identificação de exames pretéritos que possam conter informações úteis para novos exames solicitados em local contíguo
Obtenção de informações complementares diversas	Limitação de imagens disponíveis em sensores remotos, considerando especialmente a casuística de áreas relativamente pequenas e que exigem elevada resolução espacial	Tentativa de convênio com a Prefeitura Municipal para acesso a imagens de monitoramento aéreo da Secretaria Municipal de Segurança Pública	Melhoria não consolidada devido à dificuldade administrativa na etapa final de formalização do convênio
Obtenção de dados pluviométricos históricos	Solicitação por e-mail à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) em caso de dados com data superior a três meses anteriores	Dados são baixados a cada três meses diretamente pelo site da EPAGRI, independente de existência de demanda imediata pela informação, para evitar a necessidade de pedido por e-mail	Facilidade para acesso aos dados pluviométricos históricos, agilizando a elaboração de laudos com determinação do regime de escoamento de cursos d'água
Anotações em campo	Minutas em papel em branco, muitas vezes no verso dos ofícios solicitantes	Minutas digitais com campos padronizados para preenchimento	Dispensa de uso e da necessidade de digitalização de documentos físicos (minutas); Agilidade para encontrar informações específicas nas anotações
Elaboração de laudos, informações periciais e ofícios	Uso exclusivo de modelos de casos similares anteriores	Recursos de automatização de redação de documentos do Libreoffice, como macros, autotextos, botões, campos de preenchimento, listas suspensas; Elaboração de modelos em branco padronizados em formatos estilo "formulário" para os documentos mais simples, com menor necessidade de alterações pontuais; Disponibilização de manual orientativo da aplicabilidade	Agilidade na utilização de fragmentos de textos de uso corriqueiro nos laudos, bem como rapidez para elaboração de outros documentos emitidos pelo setor
Disponibilização de laudos e outros documentos de resposta às autoridades solicitantes	Necessidade de cadastramento de laudos no Sistema Integrado de Segurança Pública (SISP), além do sistema interno da PCISC	Integração do sistema interno da PCISC com o SISP, realizado pela Diretoria de Tecnologias Estratégicas e Inovação da PCISC, possibilitando envio automatizado de laudos às delegacias	Economia de tempo com registros e redução de etapas para inclusão do laudo no destino final
	Envio por e-mail ao Judiciário ou Ministério Público, para solicitações oriundas destes órgãos	Disponibilização de acesso ao sistema de processos eletrônicos do Judiciário (EPROC) aos servidores do SEPAM/SRFLN	
Padronização estadual de procedimentos pré e pós-exames periciais	Não se aplica	Apresentação de proposta de Procedimento Operacional Padrão	Documento em fase de revisão institucional (ainda não foi possível avaliar possíveis melhorias)

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Incêndio Florestal no Parque Estadual Cocó: uma abordagem pericial sobre as causas e consequências

F. V. S. Queiroz[a,*]

[a]*Perícia Forense do Estado do Ceará, Coordenadoria de Perícia Criminal, Ceará (CE), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: fernando.viana@pefoce.ce.gov.br.gov.br. Tel.: +55-85-98816-1165.*

Palavras-chave: Perícia Criminal; Incêndio Florestal; Investigação; Crime Ambiental.

1. INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais representam um dos maiores desafios para a preservação ambiental e o manejo sustentável de áreas protegidas. Quando ocorrem em unidades de conservação urbanas, como o Parque Estadual do Cocó (CE), seus impactos ecológicos, sociais e econômicos são potencializados. Nesse contexto, a atuação da perícia criminal é de fundamental importância para compreender a origem e a propagação do fogo, além de subsidiar as autoridades competentes na responsabilização dos agentes causadores e na proposição de medidas preventivas.

A investigação científica da causa de incêndios florestais vai além da simples constatação do dano ambiental: ela busca reconstruir a dinâmica do evento, identificar a origem do sinistro e oferecer elementos técnicos que sustentem decisões judiciais e políticas públicas. O caso do Parque Estadual do Cocó, amplamente reconhecido como um dos principais ecossistemas de manguezal e mata ciliar da capital cearense, ilustra de forma exemplar a necessidade de uma abordagem pericial integrada, baseada em evidências físicas, geoespaciais e laboratoriais.

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar a relevância da atuação pericial na determinação da causa e dinâmica de incêndios florestais, tomando como referência o evento ocorrido no Parque Estadual do Cocó, em Fortaleza–CE (Figura 1).



Figura 1. Incêndio florestal no Parque Estadual do Cocó (Fonte: Jornal Diário do Nordeste).

A atuação da perícia criminal na esfera ambiental constitui etapa essencial no processo investigativo, pois permite identificar o ponto de origem do fogo, o tipo de material combustível envolvido, as condições ambientais predominantes e, sobretudo, a possível causa do sinistro — seja ela natural, acidental ou criminosa. Por meio da aplicação de metodologias técnico-científicas, como análise de padrões de queima, uso de imagens de sensoriamento remoto, registros fotogramétricos de drones e modelagem espacial em ambiente SIG, é possível reconstruir a dinâmica do evento e subsidiar decisões judiciais e ambientais. O estudo evidencia a importância da perícia como instrumento de proteção ao meio ambiente e de promoção da justiça, reforçando seu papel estratégico na prevenção e responsabilização de crimes ambientais.

2. OBJETIVO

Analisar os procedimentos da perícia criminal na determinação da causa e dinâmica do incêndio florestal ocorrido no Parque Estadual do Cocó. Descrever os métodos e tecnologias empregados na investigação

pericial do caso em estudo. Discutir a contribuição do laudo pericial para as ações de responsabilização e prevenção de novos eventos.

3. METODOLOGIA

A metodologia aplicada na investigação do incêndio florestal ocorrido no Parque Estadual do Cocó baseou-se em uma abordagem técnico-científica multidisciplinar, fundamentada nos princípios da criminalística ambiental e nas normas de procedimentos periciais voltadas à determinação da causa, origem e dinâmica de eventos incendiários. O método adotado teve como objetivo principal identificar o ponto inicial do fogo, compreender o seu comportamento durante a propagação e determinar, com base em evidências objetivas, a possível causa do sinistro, seguindo os seguintes procedimentos:

a) Planejamento e levantamento preliminar;

b) Inspeção de campo e observação dos vestígios;

c) Análise geoespacial e integração de dados;

d) Coleta e análise laboratorial de vestígios;

e) Modelagem da dinâmica do fogo;

f) Consolidação e interpretação dos resultados;

g) Elaboração do laudo pericial.

Em suma, a metodologia aplicada à investigação do incêndio no Parque Estadual do Cocó demonstra a relevância da atuação pericial integrada, unindo observação empírica, tecnologia de sensoriamento remoto, análise laboratorial e geoprocessamento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A perícia realizada no Parque Estadual do Cocó buscou analisar, além da área atingida diretamente pelo fogo, regiões adjacentes ao Rio Cocó e do mangue ali presente (Figuras 2 e 3). A análise evidenciou a eficiência da aplicação de métodos científicos na investigação de incêndios florestais. A integração entre observação de campo e recursos tecnológicos possibilitou delimitar com precisão o ponto de ignição e a direção de propagação do fogo, elementos fundamentais para a identificação da causa.



Figura 2. Peritos atuando no local do incêndio e processando a busca por vestígios (Fonte: autor).



Figura 3. Visão geral da área do incêndio no Parque do Cocó (Fonte: autor).

Os registros obtidos por drone e imagens de satélites, através da plataforma BRASILMAIS (Figura 4) revelaram um padrão de queima convergente, com vegetação parcialmente consumida em sentido ascendente, indicando provável ignição em área de fácil acesso humano.

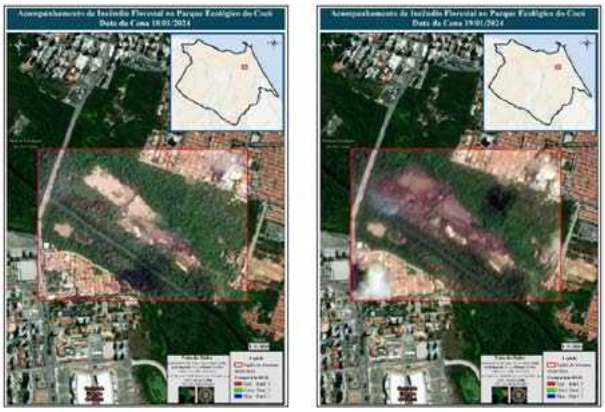


Figura 4. Imagens de satélite do local do incêndio no parque estadual do Cocó (Fonte: Plataforma BrasilMais).

As análises *in loco*, realizadas pela equipe de peritos (Figura 5), apontaram para a existência de substâncias acelerantes e outros vestígios indicadores da ação antrópica no local (Figura 5), assim como as condições meteorológicas registradas (baixa umidade e ventos moderados) favoreceram a rápida propagação das chamas.



Figura 5. Vestígios indicativos de ação antrópica, encontrados próximos à zona de origem do incêndio.

Através do processamento dos dados e dos vestígios encontrados foi possível delimitar a área atingida pelo incêndio, sendo um total de 18.30 ha, assim como o sentido de propagação do fogo (Figuras 6 e 7).



Figura 6. Mapa georreferenciado para cálculo da área atingida pelo incêndio (Fonte: autor).



Figura 7. Sentido de propagação do fogo e análise da dinâmica do incêndio.

Esses dados, aliados à ausência de causas naturais evidentes (como descargas elétricas ou combustão espontânea), sustentam a hipótese de ação antrópica não natural, ou seja, incêndio de origem humana.

Os resultados reforçam o papel da perícia criminal ambiental como instrumento de verdade técnica, fornecendo subsídios científicos para a responsabilização de autores e para a formulação de medidas de prevenção. Além disso, destaca-se a importância da documentação fotogramétrica e do georreferenciamento, como meios de comprovação técnica para a investigação.

5. CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido apresentou a causa do incêndio ocorrido no Parque Estadual do Cocó como sendo de origem antrópica, além de demonstrar a área atingida, a dinâmica de propagação do fogo e o impacto ambiental decorrente do evento.

De forma complementar aos resultados obtidos, observou-se, também, que a atuação pericial é essencial na determinação da causa e dinâmica de incêndios florestais, especialmente em áreas ambientalmente sensíveis como o Parque Estadual do Cocó. A aplicação de metodologias científicas, aliada ao uso de tecnologias modernas, amplia a precisão das análises e contribui para a consolidação de provas técnicas robustas.

A perícia criminal não apenas esclarece a origem e os fatores que contribuíram para o incêndio, mas também desempenha papel estratégico na proteção ambiental, prevenção de novos eventos e promoção da justiça. Sua atuação fundamentada em ciência e metodologia fortalece as políticas públicas de conservação e reforça a credibilidade das instituições responsáveis pela investigação e preservação ambiental.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao Sindicato dos Peritos Oficiais de Natureza Criminal do Ceará (Sindiperitos-CE) à Perícia Forense do Estado do Ceará (PEFOCE) pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.

[2] FERNANDES, R. A.; LIMA, T. F.; SILVA, C. J. Aplicação de geotecnologias na análise de incêndios florestais em áreas de conservação. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 15, n. 4, 2022.

[3] PEREIRA, L. C.; MOURA, F. S.; ANDRADE, R. P. Investigação pericial em incêndios florestais: métodos e desafios. Revista de Perícia Ambiental, v. 9, n. 2, 2021.

[4] SILVA, E. H.; MOURA, J. A. Indicadores físicos de origem do fogo em perícias ambientais. Revista Brasileira de Criminalística, v. 12, n. 1, 2020.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise comparativa da oferta de vagas para peritos oficiais criminais médicos veterinários no Brasil em relação à promulgação da Lei nº 14.064/2020

L. C. Albuquerque[ab,*], I. D. D. Souza[a,b], J. K. Santos[b], E. S. S. Andrade[a], G. G. P. P. Brasil[a]

[a]*Programa de Pós -Graduação em Perícias Forenses da Universidade de Pernambuco, Pernambuco (PE), Brasil*
[b]*Instituto de Criminalística da Polícia Científica do Estado de Alagoas POLC-AL, Alagoas (AL), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: leticia.canutoa@upe.br. Tel.: +55-82 996992965*

Palavras-chave:Direitos dos Animais; Legislação; Médicos Veterinários; Prova Pericial; Servidores Públicos. Crime Ambiental.

1. INTRODUÇÃO

A proteção da fauna e o enfrentamento aos crimes de maus-tratos a animais têm ganhado crescente relevância nacional no cenário jurídico e científico, especialmente diante do reconhecimento de sua interface com a saúde pública, o bem-estar animal e a preservação ambiental. Tal relevância encontra fundamento no art. 225 da Constituição Federal de 1988, que estabelece o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e impõe ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações, incluindo a vedação de práticas que submetam os animais à crueldade [1]. Esse avanço normativo foi significativamente fortalecido pela Lei nº 14.064/2020 [2], legislação que alterou o artigo 32 da Lei nº 9.605/1998 [3], introduzindo o § 1º-A e estabelecendo penas mais severas para crimes de maus-tratos contra cães e gatos. Essa mudança legislativa evidencia a necessidade de maior rigor na apuração pericial desses delitos, ampliando a demanda por profissionais qualificados para atuação técnico-científica [4].

Nesse contexto, destaca-se a importância da perícia oficial criminal, regulamentada pela Lei nº 12.030/2009 [5], que estabelece a autonomia técnica, científica e funcional dos peritos oficiais. A atuação desses profissionais é fundamental para a produção de provas materiais relacionadas às perícias ambientais, especialmente em casos que envolvem crimes contra a fauna e direitos dos animais. Nesse contexto, a perícia utiliza conhecimentos técnico-científicos para análise de vestígios e interpretação de fatos, tendo o exame de corpo de delito como instrumento fundamental para a elaboração de laudos que subsidiam a instrução processual e a elucidação dos fatos [4].

Paralelamente, no âmbito internacional, a Organização das Nações Unidas, por meio dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, destaca no ODS 15, especificamente na meta 15.7, a necessidade de adoção de medidas urgentes para combater a exploração ilegal da vida silvestre [6]. Tal diretriz reforça o papel estratégico da atuação de profissionais capacitados na investigação de crimes contra a fauna.

Nesse cenário, o Conselho Federal de Medicina Veterinária assume papel relevante ao normatizar e orientar a atuação dos médicos veterinários. Destaca-se a Resolução CFMV nº 1.236/2018, que estabelece parâmetros técnicos para a caracterização de maus-tratos, abrangendo aspectos relacionados ao manejo, às condições ambientais, ao estado clínico e ao bem-estar dos animais [7]. Essas diretrizes favorecem a padronização, conferindo maior objetividade à identificação de situações de sofrimento animal e subsidiando a adequada correlação entre os achados periciais e a tipificação legal. A formação do médico veterinário o habilita à atuação na identificação de lesões, causas de morte e condições de maus-tratos, contribuindo de forma tecnicamente fundamentada para a caracterização da materialidade das infrações penais [8].

Diante desse arcabouço normativo e institucional, evidencia-se a crescente necessidade de inserção de servidores públicos médicos veterinários nos órgãos oficiais de perícia criminal, especialmente em face do aumento da complexidade e da demanda por investigações relacionadas a crimes contra a fauna. No entanto, o provimento de cargos na carreira de Perito Criminal é condicionado, de forma exclusiva, à aprovação prévia em concurso público de provas ou de provas e títulos, em conformidade com o art. 37, inciso II, da Constituição Federal de 1988 [9], vedada qualquer forma diversa de ingresso.

Yoshida (2013) destaca que o reduzido número de médicos veterinários na perícia criminal poderia comprometer a adequada elucidação dos fatos; ainda assim, observava-se a implementação da Medicina Veterinária Legal no ensino superior como área de apoio técnico-científico à justiça [10]. Ademais, T. M. Tremori et al (2018) reforçam que o médico veterinário, na figura de perito criminal, desempenha um importante papel na produção da prova pericial que irá auxiliar o magistrado a interpretar cada caso que envolve a especialidade e estipular uma sentença decisão com base na prova pericial [11], demonstrando a importância da especialidade no campo da perícia ambiental.

Nesse contexto, torna-se relevante analisar a oferta de vagas para esses profissionais em concursos públicos, a fim de compreender sua participação e inserção no sistema pericial brasileiro.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa documental de natureza descritiva, com abordagem quantitativa, realizada a partir da análise de editais de concursos públicos para o cargo de perito criminal na área de medicina veterinária, selecionados e organizados em dois recortes temporais: período anterior e posterior à vigência da Lei nº 14.064/2020.

2.1 Considerações bioéticas

Sob a perspectiva bioética, por se tratar de investigação fundamentada exclusivamente na análise de documentos de domínio público, sem envolvimento direto ou indireto de seres humanos ou animais, não se identificam implicações éticas relevantes, a pesquisa prescinde de submissão e apreciação por Comitê de Ética em Pesquisa.

2.2. Critérios de inclusão e de exclusão

Foram incluídos editais publicados por órgãos públicos ou bancas organizadoras, com acesso público e íntegro em meio digital, destinados ao provimento do cargo de perito criminal (ou denominações equivalentes) no Brasil, contendo informações mínimas necessárias à análise, publicados em período delimitado, compreendendo o edital imediatamente anterior e os posteriores à vigência da Lei nº 14.064/2020. E, foram excluídos os editais suspensos, cancelados ou revogados. Após a verificação dos critérios adotados, foram selecionados 53 editais, analisados nessa pesquisa.

2.3 Variáveis de análise

As variáveis analisadas foram definidas conceitualmente da seguinte forma:

Região: corresponde às cinco grandes regiões geográficas do Brasil, conforme classificação oficial do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, que agrupam estados com características econômicas, culturais e naturais semelhantes;

Unidade Federativa – Sigla: refere-se à unidade da federação a qual o órgão oficial de perícia criminal vincula-se, incluindo o Distrito Federal (DF) e a Polícia Federal (PF);

Vaga imediata: definida como aquela para a qual há previsão de nomeação de candidatos aprovados dentro do prazo de validade do concurso público;

Cadastro de reserva: caracterizado pela formação de um banco de candidatos aprovados cuja convocação está condicionada à necessidade administrativa;

Concorrência específica: concorrência restrita a candidatos com formação em medicina veterinária.

3. RESULTADOS

Os resultados mostram predominância de vagas que não possuem concorrência específica, antes da Lei nº 14.064/2020 (581 vagas), com baixa frequência de vagas específicas para médicos veterinários (14 vagas). Após a lei, observa-se redução do número de vagas que não possuem concorrência específica (339 vagas) e aumento discreto de vagas específicas (15 vagas imediatas + 13 em cadastro de reserva).

Quanto à distribuição espacial, destacam-se Sudeste com maior concentração absoluta de vagas antes (549 vagas) e após a lei (270 vagas), especialmente em São Paulo (sem especificidade) e Minas Gerais (perfil misto); Nordeste apresentando a maior heterogeneidade, com estados mantendo vagas sem concorrência específica (ex.: Paraíba) e outros adotando exigência específica (ex.: Pernambuco, RN, SE); Norte e Centro-Oeste com baixa frequência de vagas antes da lei e inserção pontual de vagas específicas após a lei; e Sul

pela baixa frequência geral, com ocorrência isolada de vagas específicas no período posterior. No âmbito nacional, a Polícia Federal passa a ofertar, após a promulgação da lei, 15 vagas sem exigência específica de formação em medicina veterinária, conforme dados dispostos na Tab. 1 e na Fig. 1.

Tabela 1. Comparativo de vagas para Perito Criminal com formação em medicina veterinária em editais de concursos públicos publicados antes (edital imediatamente anterior) e após a Lei nº 14.064/2020.

Região	Unidade Federativa – Sigla	Vagas para Perito Criminal com formação em medicina veterinária					
		Último edital antes da Lei nº 14.064/2020			Editais publicados após à Lei nº 14.064/2020		
		Vaga imediata	Cadastro de reserva	Concorrência específica	Vaga imediata	Cadastro de reserva	Concorrência específica
Norte	Acre – AC	0	0	-	-	-	-
	Amapá – AP	0	0	-	-	10	Sim
	Amazonas – AM	0	0	-	1	0	Sim
	Pará – PA	3	0	Sim	-	-	-
	Rondônia - RO	0	0	-	1	0	Sim
	Roraima – RR	0	0	-	0	0	-
	Tocantins – TO	-	-	-	-	-	-
Nordeste	Alagoas – AL	1	0	Sim	0	0	-
	Bahia – BA	0	0	-	0	0	-
	Ceará – CE	0	0	-	0	0	-
	Maranhão – MA	0	0	-	-	-	-
	Paraíba – PB	35	0	Não	57	0	Não
	Pernambuco – PE	1	0	Sim	2	0	Sim
	Piauí – PI	2	-	Sim	0	2	Sim
	Rio Grande do Norte – RN	0	0	-	1	0	Sim
	Sergipe – SE	0	0	-	2	0	Sim
Centro-Oeste	Distrito Federal – DF	0	0	-	-	-	-
	Goiás – GO	0	0	-	2	1	Sim
	Mato Grosso – MT	0	0	-	0	0	-
	Mato Grosso do Sul - MS	-	-	-	2	0	Sim
Sudeste	Espírito Santo – ES	2	0	Sim	-	-	-
	Minas Gerais – MG	95	0	Não	21	0	Sim (4) / Não (17)
	Rio de Janeiro – RJ	5	0	Sim	0	0	-
	São Paulo – SP	447	0	Não	249	0	Não
Sul	Paraná – PR	2	0	Não	1	-	Não
	Rio Grande do Sul – RS	0	0	-	1	0	Sim
	Santa Catarina – SC	2	0	Não	-	-	-
Nacional	Polícia Federal – PF	0	0	-	15	-	Não
Total de vagas		595	0	-	354	13	-

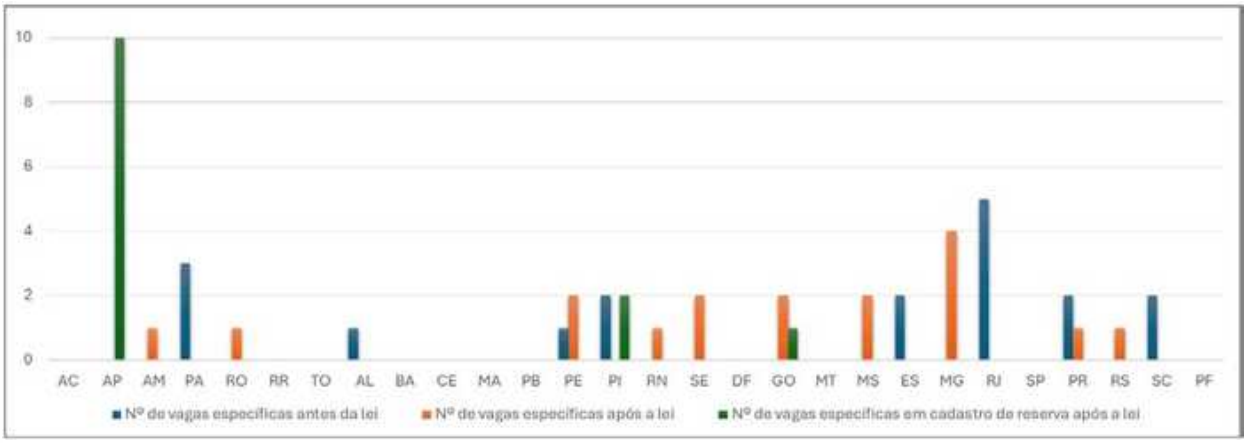


Figura 1. Mostra a distribuição de vagas para perito criminal com concorrência específica para a formação em medicina veterinária no gráfico de colunas agrupadas considerando à promulgação da Lei nº 14.064/2020.

4. DISCUSSÃO

No período anterior à vigência da Lei nº 14.064/2020, observa-se a predominância de editais com perfil generalista, nos quais profissionais com formação em medicina veterinária concorriam em igualdade de condições com candidatos de outras áreas. Nesse contexto, verifica-se também uma concentração significativa de oportunidades em unidades federativas de maior porte, especialmente nos estados de São Paulo e Minas Gerais, pertencentes à Região Sudeste, que lidera a oferta de vagas em ambos os períodos analisados, ainda que majoritariamente sob regime de concorrência ampla, que admite múltiplas áreas de formação (quando o edital prevê um rol de diferentes formações concorrendo à mesma vaga).

Na Região Nordeste, destaca-se o estado da Paraíba, que apresentou elevada oferta de vagas tanto antes quanto após a vigência da lei, porém sem previsão de concorrência específica para médicos veterinários. Por sua vez, as Regiões Norte e Centro-Oeste apresentaram menor volume absoluto de vagas, embora já demonstrassem, no período posterior à lei, indícios de ampliação de concursos com previsão de concorrência específica, como observado nos estados do Amazonas, Rondônia e Goiás.

Com a promulgação da Lei nº 14.064/2020, identifica-se uma redução no número total de vagas em concorrência ampla, acompanhada de um aumento relativo na oferta de vagas específicas imediatas e na criação de cadastros de reserva destinados exclusivamente à medicina veterinária. Embora o incremento numérico destas vagas ainda seja modesto, o aspecto mais relevante reside na crescente adoção de critérios de seleção que estabelecem concorrência direcionada a essa formação profissional.

No que se refere à natureza das vagas, observa-se que, antes da lei, predominavam vagas imediatas, com pouca ou nenhuma previsão de cadastro de reserva. Após a sua vigência, verifica-se a inclusão mais frequente de cadastros de reserva, especialmente em vagas específicas, como nos casos do Amapá e do Piauí, indicando maior flexibilidade administrativa na convocação de candidatos.

Quanto à forma de concorrência, a modalidade específica era rara no período anterior à lei, tornando-se mais recorrente posteriormente, ainda que limitada em termos absolutos. Em Minas Gerais observa-se a adoção de modelos mistos, com a publicação alternada de editais prevendo tanto concorrência ampla quanto vagas destinadas à concorrência específica. Verifica-se, em geral, uma tendência de redução das vagas generalistas em estados tradicionalmente ofertantes, o que pode estar associado tanto à reestruturação administrativa das carreiras quanto à progressiva incorporação de perfis profissionais mais especializados.

Apesar de Santa Catarina apresentar supressão do número de vagas generalistas ofertadas anteriormente à lei, estudo realizado por V.W. Botteon et al aponta que no período de 2018 a 2023 foram emitidos 321 laudos periciais oficiais em casos envolvendo exames em animais, contemplando em 2023 a criação do setor de Medicina Veterinária Legal, quando houve um aumento significativo de laudos emitidos [12].

Destaca-se, ainda, a inclusão de vagas em âmbito nacional por meio da Polícia Federal, exclusivamente no período posterior à lei, o que amplia o escopo institucional de atuação dos médicos veterinários na perícia criminal.

Sob a perspectiva federativa, observa-se um processo de difusão da especialização, evidenciado pela inclusão, em editais mais recentes, de unidades federativas que anteriormente não contemplavam a área,

como Amapá, Amazonas, Rondônia, Rio Grande do Norte, Sergipe, Goiás, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul. Esse movimento sugere uma ampliação do reconhecimento institucional da medicina veterinária como área estratégica no âmbito da perícia criminal, ainda que de forma heterogênea entre os entes federativos.

Em síntese, os dados indicam que, embora tenha havido avanços na previsão de vagas específicas para médicos veterinários após a Lei nº 14.064/2020, a oferta ainda é limitada e desigual entre as regiões, predominando o modelo de concorrência ampla.

Importante ressaltar que a análise dos editais permite inferir apenas uma expectativa de oferta de vagas, não refletindo, necessariamente, o quantitativo efetivo de profissionais em exercício. Para uma compreensão mais acurada da atuação desses especialistas nos órgãos oficiais de perícia, torna-se imprescindível investigar o número real de servidores com formação específica nos quadros dos Institutos de Criminalística.

Isso se justifica pelo fato de que o contingente de profissionais pode ter sido influenciado por fatores que não se evidenciam diretamente nos editais, como o ingresso de candidatos por decisões judiciais liminares (sub judice), ultrapassando o número inicialmente previsto de vagas, bem como pela formação em medicina veterinária em momento posterior ao ingresso no serviço público. Sendo, dessa forma, necessária a complementação com dados institucionais atualizados para uma avaliação mais fidedigna da necessidade de aumento da oferta de vagas nesses órgãos.

5. CONCLUSÃO

A análise dos editais de concursos públicos para o cargo de perito criminal com formação em medicina veterinária, considerando o período anterior e posterior à promulgação da Lei nº 14.064/2020, evidencia uma mudança relevante no perfil de recrutamento adotado pelas instituições periciais brasileiras. Tal alteração, contudo, não se manifesta de forma expressiva em termos quantitativos absolutos de vagas, mas sobretudo sob uma perspectiva qualitativa e institucional.

Foi possível identificar, ainda, a coexistência de três modelos distintos de recrutamento: (i) modelo específico, no qual há exigência formal de formação em medicina veterinária; (ii) modelo híbrido, caracterizado pela segmentação de vagas entre áreas específicas e concorrência ampla admitindo diferentes formações; e (iii) modelo generalista, em que se mantém a ausência de distinção entre as formações acadêmicas. Essa diversidade evidencia a inexistência de uniformidade nacional na implementação de políticas de valorização da especialização pericial. Nesse sentido, a mudança normativa parece atuar mais como indutora de reorganização institucional do que como fator de expansão do quantitativo de vagas.

Diante desse cenário, conclui-se que a Lei nº 14.064/2020 produziu efeitos predominantemente qualitativos no âmbito dos concursos públicos para perito criminal, contribuindo para o fortalecimento da especialização da medicina veterinária no campo pericial. Tal processo reflete uma tendência de reconhecimento da complexidade das demandas relacionadas à perícia envolvendo animais, ainda que sua consolidação dependa de maior uniformização entre os entes federativos e de políticas públicas mais consistentes de provimento de cargos.

AGRADECIMENTOS

Ao XXVIII Congresso Nacional de Criminalística pelo fomento à produção científica na área das ciências forenses e à Universidade de Pernambuco – UPE por meio do Programa de Pós-graduação em Perícias Forenses (nível mestrado e doutorado) da Faculdade de Odontologia – FOP pelo apoio e incentivo no desenvolvimento do presente trabalho por seus discentes e docentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Art. 225. Planalto (1988). Retirado em 26/04/2026, de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm

[2] Brasil. Lei Nº 14.064, de 29 de setembro de 2020. Planalto (2020). Retirado em 20/04/2026, de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14064.htm#art2.

[3] Brasil. Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Planalto (1998). Retirado em 21/04/2026, de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm.

[4] T. M. Tremori; N. S. Rocha. Exame do corpo de delito na Perícia Veterinária (ensaio). *Journal of Continuing Education in Animal Science of* CRMV-SP. São Paulo: Conselho Regional de Medicina Veterinária, v. 11, n. 3, p. 30–35 (2013). Retirado em 22/04/2026, de https://www.revistamvez-crmvsp.com.br/index.php/recmvz/article/view/17373.

[5] Brasil. Lei Nº 12.030, de 17 de setembro de 2009. Planalto (2009). Retirado em 21/04/2026, de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12030.htm.

[6] ONU. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil – Vida terrestre (2026). Retirado em 22/04/2026, de https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/15.

[7] Brasil. Resolução CFMV nº 1.236, de 26 de outubro de 2018. Conselho Federal de Medicina Veterinária (2018). Retirado em 21/04/2026, de https://www.cfmv.gov.br/resolucao-cfmv-no-1236-de-26-de-outubro-de-2018/

[8] CFMV. Áreas de atuação do médico-veterinário. Conselho Federal de Medicina Veterinária (2026). Retirado em 20/04/2026, de https://www.cfmv.gov.br/areas-de-atuacao-do-medico-veterinario/medicos-veterinarios/2020/01/29/.

[9] Brasil. Emenda Constitucional Nº 19, de 04 de junho de 1998. Planalto (1998). Retirado em 20/04/2026, de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm.

[10] A. S. Yoshida. Importância do perito oficial médico veterinário no levantamento de provas nos crimes de maus-tratos aos animais. *Dissertação de Mestrado*, Departamento de Patologia, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo. São Paulo (2013). Retirado em 22/04/2026, de https://teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10133/tde-19112013-175442/publico/ALBARTO_SOITI_YOSHIDA_Original.pdf.

[11] T. M. Tremoriet; L.M. Ribasa, M.R.R. Massada, S.T.J. Reisc, A.C.F. Pintod, N.S. Rocha. Classificação comparada das lesões de ordem mecânica segundo a traumatologia forense no exame de corpo de delito em animais. Rev. Bras. Crimin.7(2), 20-25 (2018). Retirado em 22/04/2026, de https://revista.rbc.org.br/index.php/rbc/article/view/104/pdf.

[12] V.W. Botteon; J.R. Matos. A aplicação da perícia criminal em decisões judiciais de casos de crimes contra a fauna no estado de Santa Catarina. Rev. Bras. Crimin. 15(1), 24-30 (2026). Retirado em 22/04/2026, de https://revista.rbc.org.br/index.php/rbc/article/view/1019/515.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

A Voz da Vítima Silvestre: Perícia Criminal Ambiental em Caso de Morte Violenta de Fauna Silvestre no Extremo Sul da Bahia

C. B. Gazolla[a,*]

[a]24ª CRPT – Porto Seguro ,Departamento de Polícia Técnica , Bahia (BA_)Brasil
[*]Endereço de e-mail para correspondência: camilla.gazolla@dpt.ba.gov.br. Tel.: +55-44-99801-4166.

Palavras-chave:modelo; MS Word; ABC; Congresso Nacional de Criminalística; Máximo 5 palavras-chave.

1. INTRODUÇÃO

Crimes contra a fauna silvestre representam uma grave ameaça à biodiversidade global, com impactos ecológicos e sociais significativos. No Brasil, a ocorrência desses delitos é alarmante, especialmente em regiões de alta riqueza biológica como o Extremo Sul da Bahia [1]. A perícia criminal ambiental emerge como ferramenta indispensável para a elucidação desses casos, fornecendo subsídios técnicos que permitem diferenciar eventos naturais de ações antrópicas deliberadas, e assim, embasar a responsabilização legal dos infratores. Na área de criminalística ambiental, frequentemente ressaltam a complexidade da identificação de espécies e da determinação da causa mortis em animais silvestres, muitas vezes dependendo de técnicas de alto custo e complexidade, como o DNA *Barcoding,* que nem sempre estão disponíveis em todos os laboratórios periciais [2].

Contudo, a experiência prática demonstra que metodologias periciais robustas e acessíveis podem ser igualmente eficazes. A utilização criteriosa da literatura técnica especializada, aliada à caracterização morfológica macroscópica e ao estudo biogeográfico de distribuição das espécies, pode ser plenamente suficiente para a identificação taxonômica e a elucidação da dinâmica criminal. Tais abordagens, por seu menor custo e maior aplicabilidade em diferentes contextos, podem ser facilmente adotadas no dia a dia da perícia criminal ambiental, otimizando recursos e agilizando as investigações. Diante desse cenário, o presente trabalho teve como objetivo principal identificar as espécies de fauna silvestre envolvidas em um caso de morte violenta no Extremo Sul da Bahia, verificando, inclusive, se se tratavam de espécies em extinção, e determinar o nexo causal entre as lesões observadas e a ação humana, demonstrando a eficácia de uma abordagem pericial baseada em recursos disponíveis e conhecimento técnico aprofundado.

2. METODOLOGIA

A presente investigação pericial foi conduzida a partir da análise de três amostras biológicas correspondentes a carcaças de animais silvestres, apreendidas na localidade de Trancoso, Extremo Sul da Bahia. O objetivo central foi a identificação taxonômica das espécies envolvidas e a determinação do nexo causal entre as lesões observadas e a ação humana, com vistas à elucidação de um crime ambiental.

O exame pericial consistiu primariamente em uma análise macroscópica visual detalhada das amostras. Este procedimento incluiu a observação direta das características morfológicas externas e internas dos espécimes, utilizando-se de fotografias digitais para registro e documentação. As dimensões foram estimadas com o auxílio de escala métrica forense, e a análise foi realizada sob condições de iluminação por luz branca, visando otimizar a visualização dos detalhes. É importante ressaltar que, devido à indisponibilidade de técnicas de alto custo, como o sequenciamento de DNA (DNA *Barcoding*) ou análises microscópicas avançadas de tecidos, a metodologia foi adaptada para maximizar a eficácia dos recursos disponíveis.

A identificação taxonômica das espécies baseou-se em uma abordagem integrada que combinou a análise de caracteres morfológicos diagnósticos (e.g., fórmula dentária, padrão de dígitos, características da pelagem) com o estudo biogeográfico de distribuição das espécies. Para tanto, foram consultadas e confrontadas informações provenientes de literatura científica especializada e manuais de referência do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Esta abordagem, embora de menor custo, demonstrou ser plenamente suficiente para a identificação precisa dos espécimes, incluindo a verificação de seu status de conservação, e pode ser facilmente replicada em contextos periciais com recursos limitados. A análise necroscópica das carcaças focou na avaliação das lesões e alterações *post-mortem*. A correlação entre os achados morfológicos e os padrões de lesão permitiu inferir a natureza da intervenção que levou à morte dos animais, estabelecendo o nexo causal com a ação humana deliberada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise pericial das três amostras biológicas revelou os seguintes achados:

3.1. Amostra I: Caracterização macroscópica do Bicho-preguiça – Bradipus veriegatus

Animal de pequeno a médio porte, com aproximadamente 45 cm (quarenta e cinco), corpo recoberto por pelagem longa, densa, áspera, com coloração variando marrom-pálido ao marrom-amarelado, com manchas esbranquiçadas concentradas na parte dorsal próxima aos membros posteriores [3,4]. Cabeça: decapitação completa; possui crânio arredondado; rostro curto; cavidade oral ampla; dentição homodonte, ou seja, ausência de diferenciação típica entre incisivos, caninos e molares, sendo considerada uma "dentição simplificada", resultado de vestígios evolutivos, característica observada na subordem Xenarthra [5, 6, 7, 8, 9]. De acordo com o Manual de Avaliação de risco de extinção dos Xernatros Brasileiros – Série Estado de Conservação da Fauna Brasileira nº2, publicado, em 2015, pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMbio) [10] é possível, no caso indivíduos adultos, diferenciar se tal animal é macho ou fêmea, com base na presença de uma mancha dorsal interescapular ("espéculo"), caracterizada por uma área circunscrita com pelagem mais curta, composta por uma faixa mediana de coloração escura (preta) ladeada por bandas de coloração amarelada a alaranjada. Tal característica não foi observada, portanto, sugere-se fortemente tratar-se de indivíduo fêmea. Não foi possível tal confirmação com base na observação da região perineal/genital, bem como anatômica dos órgãos internos, visto que se observou ausência completa das estruturas anatômicas correspondentes à genitália externa, compatível com remoção por ação mecânica (arrancamento/seccionamento traumático). Membros torácicos anteriores: membros alongados com três dígitos bem definidos, presença de garras longas, curvas e robustas (falciformes) adaptadas à suspensão arbórea. Esse padrão morfológico é diagnóstico para o gênero *Bradypus*. Membros posteriores: estrutura robusta e mais curta em relação aos membros anteriores, presença de dígitos com garras curvas e adaptadas à sustentação e fixação em substrato arbóreo. Observações periciais relevantes: Presença de seccionamento completo de estruturas anatômicas (cabeça, membros e retiradas de vísceras) com padrão de corte provocado por ação realizada por instrumento cortante. Ausência de sinais típicos de predação animal (Fig. 1).



Figura 1: Peças encaminhadas para perícia, correspondendo a região anatômica da cabeça, extremidades de membros anteriores e posteriores, além do tegumento correspondente ao tronco do animal.

3.1.1 – Biogeografia do Bicho-preguiça na Bahia

De acordo com a classificação mais recente publicada pela Fundação Internacional de Conservação dos Bichos-preguiça [11], as espécies que possuem três dígitos são as seguintes (Fig. 2):

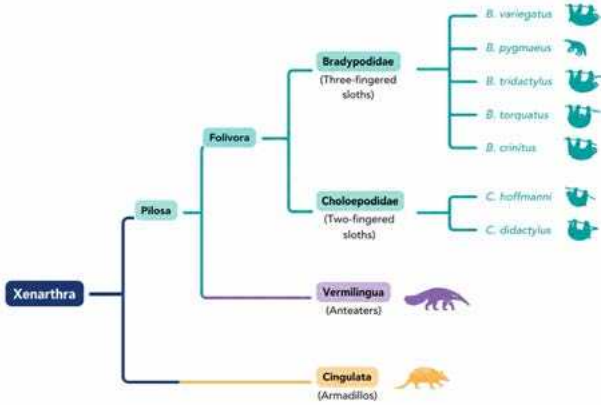


Figura 2: Esquema visual gerado por MANUS (2026) adaptado de "The Sloth Conservation Foundation" [11]. Disponível em: https://www.slothconservation.org/slothopedia

Com relação à distribuição geográfica, também publicada pela Fundação Internacional de Conservação dos Bichos-preguiça [11] e reforçado pelo Manual do ICMBio [10], na região da Bahia, duas espécies são indicadas para esta localidade (Fig. 3):



Figura 3: Mapa da Bahia com a distribuição geográfica das espécies de Bicho-preguiça presentes na região. Imagem gerada por MANUS (2026) adaptado de de "The Sloth Conservation Foundation" [11]. Disponível em: https://www.slothconservation.org/slothopedia

A preguiça-de-coleira habita apenas a Mata Atlântica, ou seja, é uma espécie endêmica, sendo encontrada em fragmentos florestais no estado da Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Seu nome vem da mancha escura ao redor do pescoço, que lembra uma coleira, característica não observada no material encaminhado para perícia. Além dessa, outras características como comprimento de 50 a 70 cm e pelagem variando do marrom ao cinza a distinguem dos aspectos observados durante o processamento pericial. Portanto, considerando as características morfológicas observadas, bem como os aspectos biogeográficos, conclui-se tratar da espécie *Bradypus variegatus*, popularmente conhecida como preguiça comum.

3.1.2. Identificação taxonômica:

Reino: Animalia; Filo: Chordata; Classe: Mammalia; Superordem: Xenarthra; Ordem: Pilosa; Subordem: Folivora; Família: Bradypodidae; Gênero: *Bradypus*; Espécie: *Bradypus variegatus*. De acordo com o Processo de Avaliação do Risco de Extinção da Fauna Brasileira (ICMBio, 2024) da espécie *Bradypus variegatus* Schinz, 1825; esta se inclui na categoria MENOS PREOCUPANTE (LC) datada em 27/11/2018 e publicada em 2024 [12].

3.2. Amostra II: Caracterização macroscópica do crânio de Jacaré – Caiman latirostris

Tratava-se de segmento anatômico correspondente à cabeça de réptil da ordem Crocodylia (jacaré), apresentando-se em estado de conservação parcial, com ausência de tecidos moles em grande parte de sua extensão, pois estes encontravam-se tratados quimicamente e exposição de estruturas ósseas. Crânio: decapitação completa; possui comprimento estimado de 21,5 cm (vinte e um centímetros e meio) com conformação estrutural alongada e afilada (rostro longo) em formato triangular. Presença de fenestrações ósseas evidentes (órbitas e aberturas temporais), com ausência de conteúdo interno; Cavidades orbitais amplas, bilateralmente simétricas, com bordas irregulares decorrentes da perda de tecidos moles [13]. A peça encontrava-se com predomínio de tecido do tipo ósseo exposto; além disso, foram observados resquícios de tegumento ressecado em tonalidade escura, aderido principalmente à região anterior em decorrência do processo de taxidermia. Coloração predominantemente castanho-escura a enegrecida externamente, e amarelada a bege nas áreas ósseas expostas. Apresenta textura rugosa, compatível com placas dérmicas queratinizadas remanescentes. Região mandibular: a mandíbula encontrava-se articulada ao crânio, porém com evidente exposição óssea e perda dos tecidos moles adjacentes. Arcada dentária parcialmente preservada do tipo homodonte e polifiodonte, ou seja, todos com a mesma forma cônica e pontiaguda, além de capacidade de reposição contínua ao longo da vida. Além disso, os dentes são cônicos, de inserção tecodonte, distribuídos ao longo da maxila e mandíbula. Alguns elementos dentários encontravam-se ausentes, com alvéolos expostos e os remanescentes apresentavam coloração amarelada e desgaste superficial. Na cavidade oral, observou-se fórmula dentária de 18/18, sendo 18 dentes superiores e 18 inferiores (em cada lado) e ligeiramente separados um do outro, fixados em cavidades ósseas distintas. Tal característica consiste em formula dentária de *Caiman latirostris* (Brazaitis, 1973) [13]. Cavidades e estruturas internas: amplamente abertas, em decorrência da ausência de tecidos moles. Não havia evidência de massa encefálica preservada. Integridade estrutural e alterações: presença de uma fratura linear na extremidade anterior da mandíbula, característico de ação provocada por instrumento cortocontundente. Considerações morfológicas relevantes: a morfologia observada como rostro longo e estreito; Dentição cônica homogênea; Disposição das cavidades cranianas; é compatível com espécimes de jacaré, pertencente à família Alligatoridae. Não havia sinais de predação com base nas lesões apresentadas, mas sim de ação humana deliberada, com emprego de instrumento e intenção de segmentação do corpo, além de taxidermia para conservação da peça anatômica em questão (Fig. 4 e 5).



Figura 4: Peça encaminhada para perícia, correspondendo a região anatômica do crânio de um jacaré.



Figura 5: Formulação dentária com padrão 18

3.2.1. Biogrografia do Jacaré na Bahia

De acordo com o Manual de Crocodilianos da Região Nordeste do Brasil no território brasileiro [14], são reconhecidas seis espécies de jacarés. Dentre essas, três possuem registro de ocorrência na Região Nordeste: *Caiman crocodilus, Caiman latirostris e Paleosuchus palpebrosus.* A espécie *Caiman crocodilus* apresenta distribuição restrita à porção noroeste dos estados do Maranhão, Piauí e Ceará, havendo ainda registros potenciais para a região oeste do estado do Rio Grande do Norte [14]. Sendo assim, na Bahia, mais especificamente na região do extremo Sul, são observadas as espécies *Caiman latirostris*, que possui distribuição geográfica mais ampla, e *Paleosuchus palpebrosus* que possui menor abundância registrada na Região Nordeste (Fig. 6) [14].

Portanto, considerando as características morfológicas observadas, bem como os aspectos biogeográficos, conclui-se tratar da espécie Caiman latirostris, popularmente conhecida como jacaré de-papo-amarelo.

3.2.2. Identificação taxonômica

Reino: Animalia; Filo: Chordata; Classe: Reptilia; Ordem: Crocodylia; Família: Alligatoridae; Gênero: *Caiman*; Espécie: *Caiman latirostris* Atualmente, o jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) não é considerado uma espécie em alto risco de extinção. De acordo com as avaliações do ICMBio e listas de fauna ameaçada, a espécie é classificada como "Menos Preocupante" (LC - Least Concern) [15].

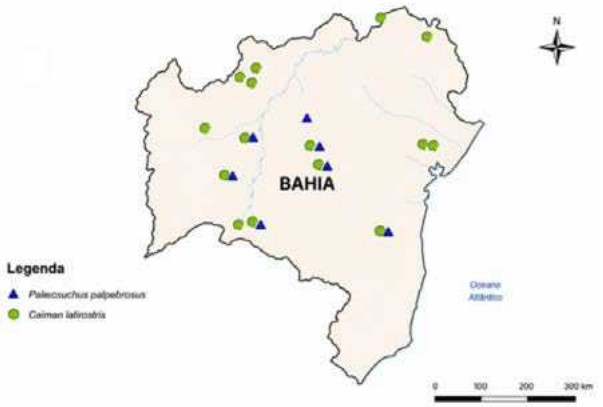


Figura 6: Mapa da Bahia com a distribuição geográfica das espécies de jacarés presentes na região. Imagem gerada por MANUS (2026) com alterações autoral e adaptado do Manual de Crocodilianos da Região Nordeste do Brasil. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Paulo-Mascarenhas-Junior2/publication/353953898_Crocodilianos_da_regiao_nordeste_do_Brasil_Historico_status_e_es trategias_para_a_conservacao

3.3. Amostra III: Caracterização macroscópica do crânio de Macaco – Callithrix penicillata

Tratava-se de estrutura correspondente a um crânio de pequeno mamífero primata neotropical medindo aproximadamente 8,5cm (oito centímetros e meio). A parte óssea apresentava-se seca, com ausência de tecidos moles aderidos, apresentando coloração esbranquiçada a levemente amarelada, compatível com processo de tratamento pós-morte. Observa-se integridade estrutural preservada, sem sinais evidentes de carbonização ou putrefação ativa. Crânio: O crânio apresentava dimensões reduzidas, com conformação típica de primatas do gênero *Callithrix*, caracterizando-se por: Neurocrânio relativamente arredondado e de pequeno volume; Viscerocrânio proporcionalmente desenvolvido, com região facial projetada anteriormente (prognatismo moderado); Órbitas amplas, circulares e voltadas anteriormente, sem a presença de tecidos moles; Dentição: Presença de arcadas dentárias superior e inferior, com dentes preservados parcial ou totalmente; Dentição heterodonte e difiodonte, ou seja, com incisivos, caninos e molares diferenciados e duas gerações de dentes (decídua e permanente). Tais animais não apresentam dimorfismo sexual [16]. Foi observada a presença de um tufo preto na lateral esquerda do crânio, sendo esta ornamentação, uma característica marcante dos calitriquídeos [17]. Justamente a presença dos tufos pretos pré-auriculares lon-

gos e negros, em forma de pincel, é o que assegura-lhe o nome de sagui-de-tufo-preto e os diferenciam das demais espécies do gênero [18]. Observações periciais relevantes: Presença de seccionamento completo do crânio com padrão de corte provocado por ação realizada por instrumento cortante. Ausência de sinais típicos de predação animal (Fig. 7A e 7B).

3.3.1. Biogrografia dos Saguis na Bahia

De acordo com Raylands et al (2000) o gênero *Callithrix* apresenta seis espécies, sendo todas endêmicas no Brasil [19]. Dessas, quatro espécies são catalogadas, de acordo com a Lista de Mamíferos para o Estado da Bahia para a referida localidade, sendo elas: *C. geoffroyi* (sagui-da cara-branca), *C. jacchus* (sagüi-de-tufos-branco), *C. kuhlii* (sagui-de-wied) e *C. penicillata* (sagui-de tufo-preto) [20]. Portanto, considerando as características morfológicas observadas, bem como os aspectos biogeográficos, conclui-se tratar da espécie *Callithrix penicillata*, popularmente conhecida como Sagui-de-tufo-preto (Fig. 8).



Figura 7: A - Peça encaminhada para perícia, correspondendo a região anatômica do crânio de um macaco. B – seta em vermelho indicando o "tufo preto" característico da espécie em questão.

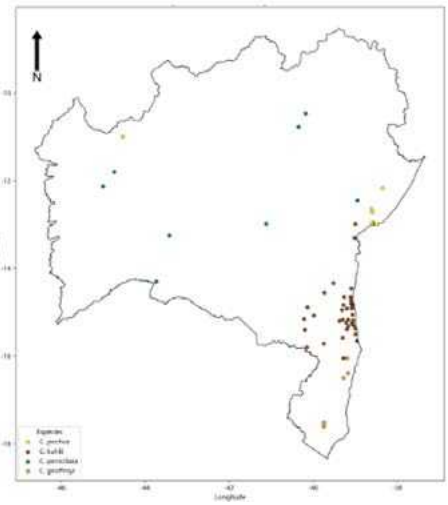


Figura 8: Mapa da Bahia com a distribuição geográfica das espécies de saguis *Callithrix* presentes na região. Imagem gerada por MANUS (2026) e adaptada de Nicolaevsky et al (2011).

3.3.2. Identificação taxonômica

Reino: Animalia; Filo: Chordata; Classe: Mammalia; Ordem: Primate o Família: Cebidae; Subfamília: Callitrichinae; Gênero: *Callithrix*; Espécie: *Callithrix penicillata*. Atualmente, a espécie *Callithrix penicillata* (sagui-de-tufos-pretos) não é considerada ameaçada de extinção. Na verdade, ela é classificada como "Menos Preocupante" (LC - Least Concern) na Lista Vermelha de espécies ameaçadas [21].

4. CONCLUSÕES

A identificação taxonômica precisa, crucial para o enquadramento legal, foi alcançada por meio de uma metodologia robusta pautada na análise aprofundada de artigos científicos que caracterizam as espécies, bem como no emprego de estudos biogeográficos detalhados para a delimitação da ocorrência a nível de espécie. Esta abordagem pericial demonstra-se de extrema importância não apenas pela sua capacidade de conduzir à identificação inequívoca da espécie desejada, mas também por sua eficiência e viabilidade econômica, otimizando recursos e tempo na investigação de crimes contra a fauna. A integração de dados bibliográficos e biogeográficos permite uma inferência segura sobre a origem e a identidade dos espécimes, mesmo na ausência de material genético ou tecidos moles em estado ideal de conservação.

Portanto, foram identificados espécimes pertencentes a três espécies distintas da fauna silvestre brasileira: *Bradypus variegatus* (preguiça-comum), *Caiman latirostris* (jacaré-de-papo-amarelo) e *Callithrix penicillata* (sagui-de-tufo-preto). Todas as espécies possuem ocorrência registrada para a região do extremo sul da Bahia, reforçando a origem local dos vestígios. Os vestígios periciais apresentam um padrão de lesividade comum, caracterizado por decapitação completa, seccionamento de tecidos moles e desarticulação de estruturas osteoarticulares. A regularidade das bordas das lesões e a precisão dos pontos de corte (especialmente em articulações) são tecnicamente incompatíveis com processos de predação por animais silvestres ou decomposição natural. Tais achados evidenciam o emprego de instrumentos cortantes e/ou cortocontundentes manejados por ação humana deliberada. Observou-se ainda que os espécimes foram submetidos a processos de taxidermia e tratamento químico, visando a conservação artificial das estruturas cranianas e tegumentares.

Na Amostra I (*B. variegatus*), o esquartejamento e a evisceração completa indicam uma manipulação sistemática da carcaça.

A conduta observada que inclui a morte, a mutilação e a utilização indevida de espécimes da fauna silvestre, encontra-se em estrita consonância com as infrações penais tipificadas na Lei nº 9.605/98 (Lei de Crimes Ambientais), especificamente nos seguintes dispositivos: Art. 29: Matar, perseguir, caçar, apanhar, utilizar espécimes da fauna silvestre, nativos ou em rota migratória, sem a devida permissão, licença ou autorização da autoridade competente e; Art. 32: Praticar ato de abuso, maus-tratos, ferir ou mutilar animais silvestres, domésticos ou domesticados, nativos ou exóticos. Conclui-se, portanto, que os achados periciais estabelecem nexo causal direto entre a intervenção humana e a morte violenta dos animais.

AGRADECIMENTOS

A Perita Criminal Dra Camilla Borges Gazolla gostaria de agradecer o apoio na identificação taxonômica em nível de espécie dos Biólogos Ms Juliana Vallim Gaiotto (CRBIO 108799), Dr Patrik Ferreira Viana (Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA) e Dr Gabriel Magezi, mastozoologista, que colaboraram com o apoio técnico ao referido laudo pericial, bem como à Revista Brasileira de Criminalística e à ASBAC – Sindicato dos Peritos Criminais da Bahia pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] B. R. Martins; M. B. D. C.da Silva; G. Narezi; V.A. Becegato. Crimes ambientais no Parque Nacional do Pau Brasil e na sua zona de amortecimento no período de 2011 a 2021. *Rev. Geo e Ambiente* **v. 46** (2023).

[2] R.H. Alves; C.B.V. de Carvalho. Estudos forenses sobre DNA Barcoding no Brasil. Braz. J. *Forensic Sci. Med. Law Bioeth.* 12**(v.4)**: 303-326 (2025).

[3] L.H. Emmons. Neotropical rainforest mammals. a field guide. *University of Chicago Press.* 281p (1990).

[4] J.F. Eisenberg & K.H. Redford. Mammals of the Neotropics: the Central Neotropics. Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil. Vol. 3. *University of Chicago Press.* 609p (1999).

[5] R.M. Wetzel. The identification and distribution of recent Xenarthra (=Edentata). Pp. 5-21. In: Montgomery, G.G. (ed.). The evolution and ecology of armadillos, sloths, and vermilinguas. *Smithsonian Institution Press* (1985).

[6] F. Miranda & A.M. Costa. Xenarthra (tamanduá, tatu, preguiça). Pp. 402-414. In: Cubas, Z.S.; Silva, J.C.R. & Catão-Dias, J.L. (eds.). *Tratado de animais selvagens – medicina veterinária.* 1354p (2006).

[7] J.A.F. Silva. Mamíferos terrestres de médio e grande porte dos estados da Paraíba, Pernambuco e Ceará. *Dissertação* (Mestrado em Ciências Biológicas-Zoologia). Universidade Federal da Paraíba. 212p. (2012).

[8] L. Hautier, H. Gomes Rodrigues, G. Billet, et al. The hidden teeth of sloths: evolutionary vestiges and the development of a simplified dentition. *Sci Rep* **v.6,** 27763 (2016). https://doi.org/10.1038/srep27763

[9] F. C. Santos, P. V. Albuquerque, F. C. A. Aguiar Júnior, G. P. Andrade, A. G. Ribeiro, J. C. S. Nascimento, J. Evêncio Neto, M. F. L, Freitas. Morphological analysis of the sloth tongue: Bradypus variegatus (Schinz, 1825). *Acta Veterinaria Brasilica* 18(**v.3**), (2024). https://doi.org/10.21708/avb.2024.18.3.12499

[10] *Manual de Avaliação de risco de extinção dos Xernatros Brasileiros* – Série Estado de Conservação da Fauna Brasileira nº2, publicado, pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMbio) (2015).

[11] *Sloth Conservation Foundation. Slothopedia*. Disponível em: https://www.slothconservation.org/slothopedia. (2025).

[12] P.M. Santos,; M.L. Reis; N. Moraes-Barros; G.A.A. Xavier. *Bradypus variegatus.* Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - *SALVE* - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio. Disponível em: https://salve.icmbio.gov.br. (2024). DOI: https://doi.org/10.37002/salve.ficha.22380.2.

[13] P. Brazaitis. The identification of living crocodiles. *Zoologica*, **v. 58,** n.1-4: 59-101 (1973).

[14] J. M. S. Correia; E. M. Santos; P. B. Mascarenhas; R. S. L. Barboza. Crocodilianos da Região Nordeste do Brasil: Histórico, status e estratégias para conservação. In: BARRETO-LIMA, André Felipe; SANTOS, Marcelo Renan de Deus; NÓBREGA, Yhuri Cardoso (Org.). *Tratado de Crocodilianos do Brasil.* 1. ed. Vitória, ES: Instituto Marcos Daniel, p. 498-544 (2021).

[15] M. E. Coutinho; B. Marioni; I. P. Farias et al. Avaliação do risco de extinção do jacaré-de-papo-amarelo *Caiman latirostris* (Daudin, 1802) no Brasil. In *Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE*. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio. Disponível em: https://bdc.icmbio.gov.br/items/6aded43f-55cd-4033-aa86-ef977ba85def (2013).

[16] M. F. Stevenson; A. B. Rylands. The marmosets, genus Callithrix. In: Mittermeier, R. A.; Rylands, A. B.; Coimbra-Filho, A.; Fonseca, G. A. B. Ecology and

behavior of neotropical primates. *World Wildlife Foundation*, (1988). **v. 2**, p. 131–222.

[17] Verona, C. E. S.; Pissinatti, A. Primates – Primatas do Novo Mundo (Sagui, Macaco-prego, Macaco-aranha, Bugio). In: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. *Tratado de animais selvagens: medicina veterinária*. (2006). p. 358–377.

[18] P. Auricchio. Primatas do Brasil. São Paulo*: Terra Brasilis*, (1995). 168 p.

[19] A. B. Rylands; H. Scheneider; A. Langguth et al. An assessment of the diversity of New World Primates. *Neotropical Primates*, Arlington, **v. 8**, n. 2, p. 61-93. (2000)

[20] C. R. Cassano; J. M. Almeida-Rocha; M. R. Alvarez; *et al.* Primeira avaliação do status de conservação dos mamíferos do estado da Bahia, Brasil. *Oecologia Australis*, Rio de Janeiro, **v. 21**, n. 2, p. 156–170, (2017). DOI: 10.4257/oeco.2017.2102.06.

[21] J. Rimoli; G. V. Bianconi; M. F. L. de Oliveira; et al. Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da fauna do estado da Bahia: mamíferos. *Salvador: Secretaria do Meio Ambiente do Estado da Bahia,* (2015).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Maus-Tratos Contra Animais: Um Estudo Documental de Laudos Periciais da Polícia Civil do Distrito Federal (2021-2025)

G. M. C. Sant'Anna[a,*], G. C. Dalton[b,*], A. E. Maia[b], L. P. A. Deus[b], A. M. Trein[b], P. H. C. Naves[b], Y. N. G. Fonseca[b], D. B. Luz[b], M. A. Berçot[b]

[a]*Médica Veterinária, Universidade de Brasília (UnB), Brasília (DF), Brasil*

[b]*Instituto de Criminalística, Departamento de Polícia Técnica, Polícia Civil do Distrito Federal (DF), Brasil*

[*]*Endereço de e-mail para correspondência: giovanaveterinaria.unb@gmail.com. Tel.: +55 (61) 98426-9403. gdalton2010@gmail.com Tel.: +55 (61) 98175-3216*

Palavras-chave:maus-tratos; perícia criminal; medicina veterinária legal; bem-estar animal.

1. INTRODUÇÃO

Os crimes de maus-tratos contra animais apresentam crescente relevância no contexto da criminalística ambiental, especialmente diante do aumento das demandas investigativas relacionadas a delitos contra a fauna e da necessidade de produção de prova técnica qualificada. Paralelamente à ampliação do convívio entre seres humanos e animais, observa-se aumento significativo das denúncias envolvendo negligência, abandono, abuso físico e condições inadequadas de manejo, tornando a atuação pericial elemento central para a adequada materialização desses delitos.

No Brasil, estima-se a existência de aproximadamente 160 milhões de animais de estimação, configurando uma das maiores populações pet do mundo [1]. Apesar do fortalecimento do vínculo afetivo entre humanos e animais, persistem situações de violência e negligência que extrapolam a esfera do bem-estar animal, produzindo impactos relevantes na saúde pública, na segurança coletiva e na persecução penal.

A proteção jurídica da fauna encontra respaldo na Constituição Federal de 1988, especialmente em seu art. 225, que estabelece o dever do Poder Público e da coletividade de proteger o meio ambiente, vedando práticas que submetam os animais à crueldade [2]. Posteriormente, a Lei nº 9.605/1998 consolidou os maus-tratos contra animais como crime ambiental, reforçando a necessidade de mecanismos técnico-científicos capazes de subsidiar a responsabilização penal dos infratores [3], notadamente no tocante aos "pets" (cães e gatos) [4].

Nesse contexto, a perícia criminal assume papel fundamental na investigação dos delitos contra a fauna, especialmente em razão da necessidade de identificação, preservação e interpretação dos vestígios materiais. O exame de corpo de delito, obrigatório nas infrações que deixam vestígios, constitui instrumento indispensável para a comprovação da materialidade criminal, não podendo ser substituído pela confissão do investigado [5].

A atuação do perito criminal e da Medicina Veterinária Legal torna-se, portanto, essencial para a análise técnica e das evidências relacionadas aos maus-tratos, permitindo a caracterização das condutas lesivas, a avaliação das condições de bem-estar animal e a produção de prova pericial robusta. Além da constatação direta de lesões e alterações clínicas, a análise pericial frequentemente envolve interpretação de vestígios indiretos, registros documentais, condições ambientais e elementos relacionados ao manejo dos animais [6, 7].

Entretanto, fatores como o decurso temporal entre o fato e a realização da perícia, a degradação vestigial e a insuficiência documental podem comprometer a conclusividade dos exames, impactando diretamente a robustez da prova técnica e a efetividade da persecução penal.

Dessa forma, o estudo buscou analisar os laudos periciais relacionados a maus-tratos contra animais elaborados pela Polícia Civil do Distrito Federal, evidenciando padrões periciais observados na rotina criminalística e discutindo a relevância da atuação técnico-científica na materialização dos delitos contra a fauna.

2. OBJETIVO

O trabalho buscou analisar os laudos periciais relacionados a maus-tratos contra animais elaborados pela Seção de Crimes Contra o Meio Ambiente (SCMA) da Polícia Civil do Distrito Federal (PCDF), no período de janeiro de 2021 a julho de 2025, visando caracterizar o perfil das ocorrências, identificar padrões periciais associados às infrações e avaliar fatores que impactam a conclusividade da prova técnica. Buscou-se também evidenciar a relevância da Medicina Veterinária Legal e da atuação pericial criminal na materialização dos delitos contra a fauna, contribuindo para o fortalecimento da persecução penal e da proteção ao bem-estar animal.

3. METODOLOGIA

Foi realizado estudo descritivo retrospectivo, com abordagem quantitativa e análise documental de laudos periciais elaborados pela Seção de Crimes Contra o Meio Ambiente do Instituto de Criminalística (IC) da Polícia Civil do Distrito Federal.

Foram analisados 238 laudos periciais relacionados a crimes contra a fauna e maus-tratos contra animais, emitidos entre janeiro de 2021 e julho de 2025.

3.1. Categorias

A coleta de dados foi realizada mediante análise dos documentos periciais arquivados na unidade, sendo extraídas informações referentes:

- à espécie animal envolvida;
- ao vínculo do autor/suspeito com o animal;
- ao tipo de exame pericial realizado;
- ao desfecho do laudo;
- ao intervalo entre o fato e a realização da perícia.

Os exames foram classificados em:

- exame direito;
- exame indireto;
- exame direto e indireto;
- direto e necropsia;
- necropsia.

Os desfechos dos laudos foram categorizados em:

- SIM, para casos confirmados de maus-tratos;
- NÃO, para casos em que não foi confirmado o crime;
- INCONCLUSIVO, quando não foi possível afirmar ou descartar a existência do crime, por insuficiência de elementos, perda de vestígios ou limitações técnicas.

Para análise temporal, os prazos entre o fato e a realização do exame pericial foram categorizados em:

- imediato (0-1 dia);
- curto (2-30 dias);
- médio (31-180 dias);
- longo (6 meses-1 ano);
- muito longo (>1 ano).

Em relação à autoria dos crimes, o autor foi categorizado buscando correlacionar o perfil do autor com a espécie acometida e o tipo de maus-tratos:

- tutor;
- vizinho;
- criadores;
- proprietário;
- outros.

3.2. Critérios técnico-periciais

A análise pericial considerou a presença de vestígios compatíveis com situações de maus-tratos, incluindo:

- condições inadequadas de manejo;
- privação de necessidades básicas;
- ausência de higiene;
- abandono;
- violência física;
- confinamento inadequado;
- ausência de assistência veterinária.

A interpretação técnica dos achados foi realizada à luz da legislação ambiental vigente e dos parâmetros estabelecidos pela Resolução CFMV nº 1.236/2018, especialmente os incisos do art. 5º, utilizados para caracterização objetiva das condutas relacionadas aos maus-tratos contra animais, sendo posteriormente agrupados em categorias macro, conforme a natureza da violação observada [8].

Os achados periciais também foram correlacionados ao Protocolo de Perícia em Bem-Estar Animal (PPBEA), proposto por Hammerschmidt & Molento em 2014 [9], bem como aos Procedimentos Operacio-

nais Padrão (POP Ambiental 1.02 e 1.05) da Secretaria Nacional de Segurança Pública, empregados como referência técnico-metodológica para padronização das avaliações periciais [10].

Os dados foram organizados em planilha eletrônica e submetidos à análise estatística descritiva, permitindo identificar padrões de ocorrência, frequência das infrações e fatores associados à conclusão dos exames periciais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados 238 laudos periciais relacionados a crimes contra a fauna e maus-tratos contra animais, emitidos entre janeiro de 2021 e julho de 2025, dos quais 104 casos (43,6%) apresentaram confirmação pericial de maus-tratos, enquanto 102 (43%) não confirmaram a ocorrência do crime e 32 (13%) foram considerados inconclusivos.

Observou-se relativa estabilidade no número anual de casos periciais ao longo do período estudado, com aumento proporcional de laudos confirmatórios nos anos mais recentes. Ainda que o recorte de 2025 compreenda apenas sete meses, verificou-se o maior percentual de confirmações, sugerindo uma crescente eficiência na identificação e materialização dos crimes.

Os resultados demonstram a relevância da perícia criminal como instrumento técnico de comprovação da materialidade delitiva, especialmente em crimes que dependem da correta interpretação de vestígios biológicos, ambientais e comportamentais. A baixa frequência de laudos inconclusivos reforça a robustez técnica das análises realizadas e evidencia a importância da atuação pericial na elucidação das ocorrências envolvendo maus-tratos contra animais.

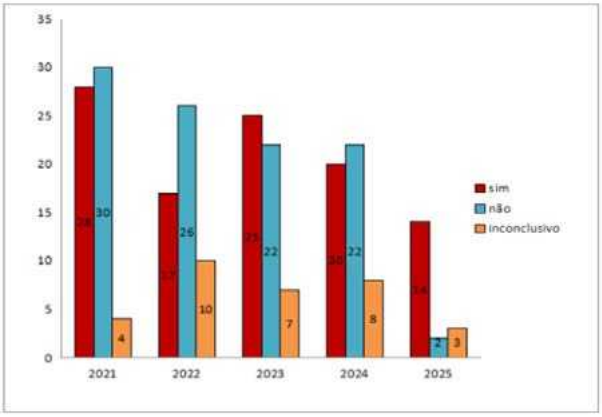


Gráfico 1 - Distribuição anual dos laudos periciais atendidos pela Seção de Crimes Contra o Meio-Ambiente do Instituto de Criminalística da Polícia Civil do Distrito Federal e respectivos desfechos (2021 a julho de 2025). Fonte: Autoria própria.

4.1 Espécies Vítimas

As aves apresentaram a maior parcela dos animais envolvidos nos casos periciados, correspondendo a 43,8% dos registros, seguidas pelos cães, com 34,6% das ocorrências. Apesar da predominância das aves nas denúncias, a maioria dos casos está relacionada a situações de criação irregular, tráfico ou manejo inadequado, sem elementos suficientes para caracterização objetiva de maus-tratos.

Entre os animais domésticos, os cães apresentaram a maior proporção de confirmações periciais, resultado compatível com a literatura nacional, que identifica cães e gatos como as principais vítimas de negligência, abandono e violência direta, em razão da convivência íntima com os seres humanos.

Os casos envolvendo equinos estiveram majoritariamente associados à exploração por tração animal e submissão a esforço excessivo, frequentemente acompanhados de lesões traumáticas e sinais de subnutrição. Tais achados reforçam o papel da perícia criminal na identificação de situações de sofrimento relacionadas tanto à violência direta quanto à exploração inadequada dos animais.

A análise das espécies acometidas permite compreender o perfil epidemiológico dos casos atendidos pela perícia oficial e contribui para direcionamento de políticas públicas, ações educativas e estratégias de fiscalização.

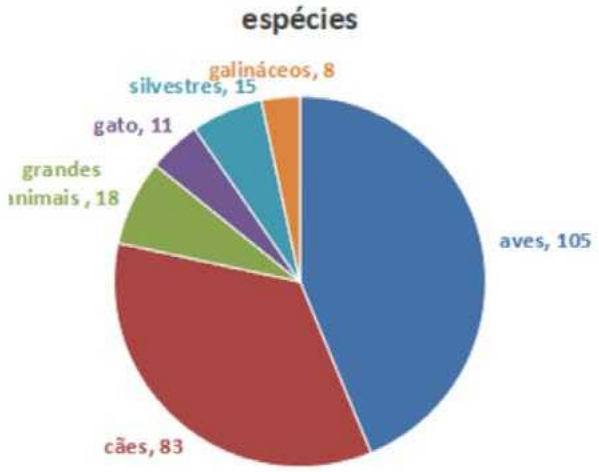


Gráfico 2 - Distribuição das espécies animais envolvidas nos casos periciados. Fonte: Autoria própria

4.2 Principais Tipos de Maus-Tratos

A análise dos laudos confirmatórios permitiu identificar 189 registros de infrações relacionadas aos incisos do art. 5º da Resolução CFMV nº 1.236/2018 [5], evidenciando que um mesmo caso frequentemente apresenta múltiplas formas simultâneas de violação ao bem-estar animal.

Os incisos mais frequentes identificados estão relacionados à negligência, abandono, privação de recursos básicos, falta de higiene e manutenção inadequada do ambiente, demonstrando predominância de condutas omissivas nos casos analisados.

O agrupamento dos incisos em categorias macro permitiu melhor interpretação dos padrões encontrados. A categoria "Abandono/Negligência e Ambiente Inadequado" foi a mais prevalente, seguida por "Falta de Manejo Sanitário e Superlotação", indicando que a maior parte dos casos decorre de omissão prolongada de cuidados essenciais.

Os resultados corroboram com a literatura nacional e internacional, que descreve a negligência como a forma mais comum de maus-tratos em animais domésticos. Além disso, evidenciam a importância da Resolução CFMV nº 1.236/2018 como instrumento técnico-normativo capaz de reduzir subjetividades e fortalecer a padronização pericial nos exames envolvendo maus-tratos animais.

Também foram identificados casos de violência direta, exploração excessiva e transporte inadequado e procedimentos clínico-cirúrgicos realizados de forma irregular, reforçando a diversidade das situações enfrentadas pela perícia criminal veterinária.

A categorização das infrações permitiu compreender não apenas a ocorrência dos maus-tratos, mas também sua dinâmica, contexto e natureza jurídica, contribuindo para análises mais objetivas e tecnicamente fundamentadas.

Categorias Macro	Incisos correspondentes (Res. CFMV nº 1.236/2018)	Quantidade de Registros	% sobre os 189 registros
1. Abandono/Negligência e Ambiente Inadequado	IV; VI; VII; VIII; IX; XII	91	48%
2. Falta de Manejo Sanitário e Superlotação	X; XI; XIII.	41	21,6%
3. Exploração / Transporte inadequado	XV; XVII; XXVII.	18	9,52%
4. Violência direta / Crueldade	III; XXI	30	15,8%
5. Procedimentos inadequados	I; XIX.	9	4,7%

Quadro 1 - Distribuição dos registros de maus-tratos por categorias macro e incisos correspondentes (Resolução CFMV nº 1.236/2018).

4.3 Prazos e efetividade pericial

O intervalo entre a ocorrência dos fatos e a realização da perícia demonstrou impacto direto na conclusividade dos laudos. Exames realizados em prazos mais curtos apresentaram menor frequência de resultados inconclusivos, enquanto atendimentos tardios estiveram associados à maior perda de vestígios e limitação técnica das análises.

Nos exames realizados imediatamente ou em curto prazo, observou-se elevada capacidade de confirmação ou exclusão objetiva do crime. Em contrapartida, os laudos executados em médio, longo e muito longo prazo apresentaram aumento expressivo da inconclusividade, evidenciando os efeitos da degradação de vestígios biológicos, alterações ambientais e perda de informações relevantes para a análise pericial.

Apesar disso, verificou-se que provas complementares, como registros fotográficos, vídeos e documentos clínico-veterinários, possibilitaram a confirmação técnica do crime mesmo em situações de longo intervalo temporal, demonstrando a importância da adequada documentação da ocorrência desde o primeiro atendimento policial.

Os achados reforçam a necessidade de preservação dos vestígios, celeridade na requisição pericial e integração eficiente entre autoridades e equipe pericial, fatores fundamentais para fortalecimento da materialidade probatória nos crimes de maus-tratos contra animais.



Gráfico 3 - Relação entre o prazo do atendimento pericial e a porcentagem de laudos inconclusivos. Fonte: Autoria própria.

4.4 Tipo de Exame e Materialidade do Crime

Os exames demonstraram que, embora o exame direto represente o padrão ideal para avaliação pericial, os exames indiretos também apresentaram elevada capacidade de materialização do crime quando acompanhados de documentação adequada e tecnicamente consistente.

Registros fotográficos, vídeos, prontuários clínicos e demais documentos permitiram a confirmação de maus-tratos mesmo na ausência de exame presencial do animal ou do local, especialmente em situações envolvendo lesões permanentes, desnutrição crônica e registros audiovisuais de violência direta.

A necropsia apresentou elevada taxa de conclusividade, reforçando sua importância na investigação de mortes violentas, intoxicações, traumas e lesões in-

ternas não observáveis no exame físico externo. Tais achados evidenciam o papel fundamental da medicina veterinária legal na determinação da causa mortis e na interpretação técnico-científica dos vestígios relacionados ao sofrimento animal.

Os resultados indicam que a efetividade da perícia criminal não depende exclusivamente da modalidade do exame realizado, mas da qualidade, integridade e convergência das evidências disponíveis para análise. Assim, a integração entre exame clínico, documentação complementar e protocolos padronizados fortalece significativamente a robustez técnico-jurídica dos laudos periciais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à organização do XXVII Congresso Nacional de Criminalística, aos responsáveis pela Revista Brasileira de Criminalística e à Associação Brasileira de Criminalística – ABC pelo apoio concedido. Agradecem ainda à Direção do Instituto de Criminalística da PCDF e à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, importantes parceiros na elaboração deste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ABINPET. Dados de mercado 2024. Disponível em: <https://abempet.org.br/wpcontent/uploads/2024/10/abinpet_apresentacao_dados_mercado_2024_completo_draft5.pdf>.

[2] BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>.

[3] BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm>.

[4] BRASIL. Lei n° 14.064, de 29 de setembro de 2020. Altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, para aumentar as penas cominadas ao crime de maus-tratos aos animais quando se tratar de cão ou gato. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14064.htm>

[5] BRASIL. Decreto-Lei nº 3.689, de 3 de outubro de 1941. Código de Processo Penal. Disponível em <https://planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del3689.htm>.

[6] BRASIL. Lei n° 5.517, de 23 de outubro de 1968. Dispõe sobre o exercício da profissão de médico-veterinário e cria os Conselhos Federal e Regionais de Medicina Veterinária. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5517.htm>.

[7] YOSHIDA, A. **Importância do perito oficial médico veterinário no levantamento de provas nos crimes de maus-tratos aos animais**. Dissertação (Mestrado em Patologia Experimental e Comparada). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10133/tde-19112013-175442/publico/ALBARTO_SOITI_YOSHIDA_Original.pdf>.

[8] BRASIL. Resolução CFMV nº 1.236, de 26 de outubro de 2018. **Conselho Federal de Medicina Veterinária**. Define e caracteriza crueldade, abuso e maus-tratos contra animais vertebrados, dispõe sobre a conduta de médicos veterinários e zootecnistas e dá outras providências. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=368728>.

[9] HAMMERSCHMIDT, J.; MOLENTO, C.F.M. Protocol for expert report on animal welfare in case of companion animal cruelty suspicion. ***Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science***, v. 51, p. 282-296, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.v51i4p282-296>. Acesso em: 7 de nov. 2025.

[10] MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA. Procedimentos operacionais padrão: perícia criminal — ambiental. **Secretaria Nacional de Segurança Pública** (Senasp). Brasília: MJSP, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mj/ptbr/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/analise-e-pesquisa/pop/pops-periciacriminal-2024-ambiental-vol-1-pdf.pdf>.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Crueldade animal como marcador de violência interpessoal: óbito provocado por trauma não acidental com lesões térmicas pós-morte – Relato de Caso

B. E. Patini[a,*], C. K, S. Roque[a], C. N, A, Souza[a], D. S. Araújo[a],

M. L. Junior[a], R.S.Oliveira[a], S. S. N. Almeida[a]

[a]*Instituto de Medicina Veterinária Legal, Superintendência da Polícia Técnico Científica de Goiás (GO), Brasil*

[*]*Endereço de e-mail para correspondência: bruna.patini@goias.gov.br Tel.: +55-62-981145091*

Palavras-chave: Medicina Veterinária Legal; Teoria do Elo; Crueldade Animal; Necropsia Forense.

1. INTRODUÇÃO

A crescente incidência de crimes de maus-tratos contra animais, sobretudo aqueles marcados por atos de crueldade, tem conferido maior centralidade ao tema no cenário jurídico e social, repercutindo diretamente na demanda por atuação especializada da Perícia Criminal, com destaque para a Medicina Veterinária Legal como campo técnico-científico indispensável à materialização da prova.

As lesões decorrentes de violência por ação humana intencional são classificadas como traumas de etiologia não acidental, cuja adequada interpretação exige análise técnico-científica fundamentada. A identificação do mecanismo de ação, dos instrumentos ou objetos utilizados, da natureza das lesões e do nexo causal entre a conduta e o resultado constitui etapa essencial para a produção da prova pericial nos crimes contra animais.

De forma consistente, a existência de correlação entre a violência contra animais e a violência interpessoal humana, é um fenômeno denominado Teoria do Elo (*Link Theory*). A crueldade animal compõe uma continuidade de violência, evidenciando correlação entre agressões contra animais e violência interpessoal, mediada por fatores psicossociais e criminológicos. Nesse sentido, a violência contra animais "não deve ser compreendida como um fenômeno isolado, mas como parte de um padrão mais amplo de comportamento violento" [1].

Nesse contexto, a Teoria do Elo insere-se na compreensão de um ciclo de vulnerabilidades no qual a violência contra animais coexiste e se articula com a violência dirigida a outros grupos socialmente vulneráveis como mulheres, crianças, adolescentes e idosos. Em contextos de violência doméstica e familiar, os animais de estimação frequentemente compartilham o mesmo espaço de risco, sendo instrumentalizados como meio de intimidação, coerção e controle psicológico. Assim, a crueldade animal deixa de ser um evento isolado e passa a integrar um padrão sistêmico de violência interpessoal. No âmbito do Instituto de Medicina Veterinária Legal de Goiás (IML-VET), observa-se que as ocorrências envolvendo violência contra animais associadas à violência interpessoal humana, figuram entre as principais demandas periciais, evidenciando a relevância desse fenômeno no contexto da criminalística veterinária.

Pesquisas empíricas reforçam essa associação ao demonstrar que indivíduos envolvidos em maus-tratos a animais apresentam maior probabilidade de envolvimento em outras formas de violência. A presença de abuso animal em contextos familiares constitui "um importante indicador de risco para a ocorrência de violência doméstica" [2], e a crueldade animal pode funcionar como sinal precoce de tendências violentas direcionadas a pessoas [3]. O abuso animal pode ser interpretado como marcador de violência interpessoal, com implicações relevantes para a investigação criminal e a prevenção da violência [4].

Apesar dos avanços científicos, ainda são limitados os relatos periciais que integrem, de forma sistemática, a análise médico-legal e a interpretação criminológica da violência contra animais à luz da Teoria do Elo, especialmente no contexto brasileiro, o que evidencia a necessidade de estudos que fortaleçam a interface entre a Medicina Veterinária Legal e a criminologia.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo relatar e analisar, sob a perspectiva da Medicina Veterinária Legal e da Criminalística, um caso de violência intencional contra animal, caracterizando os achados periciais, a dinâmica das lesões e sua interface com a Teoria do Elo, evidenciando a relevância da perícia médico-veterinária na compreensão da violência interpessoal e na produção da prova técnico-científica.

3. RELATO DE CASO

A vítima registrou ocorrência em uma Delegacia Especializada de Atendimento à Mulher relatando que seu filho havia matado o cachorro da família por meio de agressões físicas. Segundo as informações, o fato foi comunicado por outro filho, adolescente, que presenciou a situação e relatou que o autor, além de matar o animal, proferiu ameaças contra ele e contra a avó, afirmando que faria o mesmo com eles. O autor também teria pedido que o adolescente transmitisse à mãe a ameaça de que ela sofreria o mesmo caso retornasse à residência. A vítima informou ainda que o autor apresentava histórico de comportamentos violentos, que anteriormente resultou na concessão de medida protetiva judicial a ela contra ele.

Após a denúncia, a equipe policial deslocou-se até a residência e encontrou o animal sem vida, com ferimentos graves na região torácica e exposição de órgãos internos. Nas proximidades, foi identificada uma estrutura improvisada com tijolos, semelhante a uma churrasqueira, na qual parte do corpo do animal estava sobre uma grelha sendo submetida ao calor direto do fogo. O autor foi localizado no local e preso em flagrante.

3.1. Exames periciais

O exame pericial de local de crime foi realizado por peritos criminais da 3ª Coordenação Regional da Polícia Científica de Goiás, que procederam o registro e a documentação técnico-pericial do cenário dos fatos. O cadáver do animal foi devidamente documentado nas condições em que foi encontrado, coletado, acondicionado e encaminhado ao IML-VET para a realização do exame necroscópico por perito criminal médico-veterinário.

3.2 Exame necroscópico médico-veterinário

O Espécime encaminhado para exame necroscópico médico-veterinário tratava-se de um cão doméstico (*canis lupus familiaris)*, macho, adulto, não castrado, sem raça definida, pelagem curta, de coloração marrom.

3.2.1 Exame Externo

O cadáver apresentava-se parcialmente carbonizado, com predomínio de lesões térmicas por toda lateral esquerda do corpo, caracterizadas por crosta carbonizada de coloração enegrecida, indicando maior intensidade de exposição ao agente térmico nessa região. A pelagem encontrava-se enegrecida, enquanto as extremidades e a cabeça apresentavam áreas de carbonização mais acentuada, associadas a rigidez tecidual decorrente da ação direta do calor.

Ao exame externo, identificou-se extensa ferida incisa, com trajeto longitudinal, acometendo as regiões cervical anterior, ventral, escapular, torácica, abdominal, púbica e a face medial do membro pélvico direito. A lesão apresentava caráter profundo, comprometendo pele, tecido subcutâneo e planos musculares, com exposição da musculatura intercostal, fratura de arcos intercostais, abertura da cavidade abdominal e evisceração.

As vísceras situadas nas áreas mais expostas ao trajeto incisional apresentavam alterações térmicas, com graus variáveis de carbonização superficial. As bordas da ferida incisa, bem como os tecidos cutâneos submetidos à ação térmica, não apresentavam reação vital, caracterizando lesões produzidas em período pós-morte.

Externamente, não foram observadas outras lesões traumáticas evidentes. Contudo, o grau de carbonização do cadáver pode ter limitado a avaliação, dificultando a identificação de eventuais lesões externas pré-existentes.

Na região cervical e dorsal direita, observa-se lesão térmica com menor grau de carbonização em relação à lateral oposta do corpo. A pelagem encontra-se parcialmente preservada, com escurecimento irregular e áreas de chamuscamento superficial.

Tal lesão apresenta morfologia circular, com múltiplos focos contíguos, formando padrão reticulado, compatível com ação térmica direta por contato com superfície metálica aquecida, sendo sugestivo de instrumento compatível com grelha de churrasqueira.

A menor intensidade de carbonização nessa região indica exposição térmica localizada e de menor duração.

3.2.2. Exame interno

Ao exame interno, procedeu-se inicialmente o rebatimento da pele da cabeça e da região cervical. Na região dorsal do pescoço, identificou-se extensa lesão contusa, caracterizada por infiltração hemorrágica em tecido subcutâneo e musculatura, associada a edema, com extensão aproximada de 14 × 12 cm.

Observou-se fratura cominutiva na região temporo-parietal, com extensão para a região frontal lateral esquerda, acompanhada de infiltrado hemorrágico e edema difuso dos tecidos adjacentes. No interior da calota craniana, constatou-se acúmulo de sangue. O conjunto desses achados é compatível com trauma por ação contundente produzido em período ante-mortem.

Na cavidade torácica, verificou-se laceração do diafragma em região adjacente às fraturas dos arcos intercostais. Não foram observadas hemorragias cavitarias significativas. Os órgãos internos encontravam-se em posição anatômica (*in situ*), apresentando depósito de fuligem e chamuscamento nas superfícies, compatíveis com exposição da fonte de calor intenso superficial oriunda de combustão.

À inspeção das vias aéreas, não se observou presença de fuligem na traqueia. Nas vias aéreas inferiores, também não foram identificados indícios de inalação de partículas carbonáceas, o que indica que as queimaduras ocorreram em período pós-morte.

Constatou-se que a morte sobreveio de choque neurogênico resultante de traumatismo cranioencefálico, provocado por ação contundente.



Figura 1. Extensa área de carbonização na lateral esquerda do corpo; Ferida incisa com evisceração.



Figura 2. Lateral direita do corpo carbonizada.



Figura 3. Carbonização cabeça e extremidades.



Figura 4. Queimaduras na pelagem compatível com grelha da churrasqueira.



Figura 5. Fraturas de arcos intercostais.



Figura 6. Contusões na área da cabeça, com fratura em crânio.



Figura 7. Lesão contusa com reação vital em crânio. Fratura cominutiva em região temporoparietal.



Figura 8. Traqueia sem sinais de inalação de fuligem.

4. DISCUSSÃO

Os achados periciais observados no presente caso evidenciam a ocorrência de morte por trauma não acidental resultante de ação contundente e subsequentes incisões com posterior exposição do cadáver à fonte de calor intensa. A combinação entre lesões traumáticas produzidas em período ante-mortem e, incisões e alterações anatomopatológicas decorrentes de exposição à fonte de calor intensa (queimaduras) pós-morte, permite a reconstrução da dinâmica dos fatos, apontando para um evento de natureza não acidental.

A presença de lesões contusas extensas, associadas a infiltração hemorrágica, edema e fraturas cranianas com hemorragia intracraniana, constitui evidência inequívoca de trauma produzido em período ante mortem, revelando reação vital dos tecidos. Esses achados são compatíveis com ação contundente de alta energia, frequentemente observados em casos de crueldade animal. A violência contra animais frequentemente envolve padrões traumáticos compatíveis com agressão deliberada, refletindo comportamentos violentos direcionados a alvos vulneráveis [1].

A extensa ferida incisa com evisceração, associada à ausência de sinais de reação vital nas bordas, indicam que tais ferimentos foram produzidos em período pós-morte. De modo semelhante, a ausência de fuligem nas vias aéreas superiores e inferiores confirma que a exposição ao fogo ocorreu após o óbito. Esses critérios são amplamente reconhecidos na Medicina Legal para a diferenciação entre ante e pós-morte, corroborando a interpretação de ação térmica posterior à morte.

A distribuição topográfica e o padrão morfológico das lesões térmicas, incluindo áreas de carbonização com configuração reticulada compatível com contato direto com superfície metálica aquecida, sugerem manipulação do cadáver após o óbito. Esse comportamento, do ponto de vista criminológico, pode ser interpretado como expressão de extrema violência e tentativa de intimidação simbólica, fenômeno descrito em estudos sobre violência interpessoal associada à crueldade animal [2]

Do ponto de vista médico-legal, o conjunto dos achados permite inferir que a causa da morte foi choque neurogênico por traumatismo cranioencefálico decorrente de ação contundente. A necropsia revelou-se fundamental para a caracterização da natureza das lesões, para a determinação da cronologia dos eventos e para a distinção entre lesões ante e pós-morte, evidenciando o papel central da perícia médico-veterinária na produção da prova técnico-científica.

Além dos aspectos médico-legais, o presente caso insere-se de forma evidente no escopo da Teoria do Elo (*Link Theory*). A violência contra o animal ocorreu em contexto de violência intrafamiliar previamente estabelecida, caracterizada por histórico de agressões, ameaças e existência de medida protetiva judicial em desfavor do autor. Ressalta-se que a tipificação do crime de maus-tratos e o procedimento policial foram conduzidos pela Delegacia Especializada de Atendimento à Mulher (DEAM),

evidenciando que a vítima humana direta é uma mulher, inserida no grupo social dos vulneráveis, juntamente com os animais de estimação sob sua tutela. Ademais, integram esse contexto uma idosa (avó do autor) e um adolescente, configurando um cenário típico de violência doméstica ampliada.

Nesse contexto, a crueldade animal assume caráter instrumental, sendo utilizada como meio de coação e tortura psicológica contra os demais membros da família. As ameaças proferidas pelo autor, no sentido de que faria o mesmo com as vítimas humanas, evidenciam o uso da violência contra o animal como mecanismo simbólico de intimidação, dominação e submissão. A crueldade contra animais pode funcionar como sinal precoce de tendências violentas direcionadas a pessoas [3].

A conduta do autor, ao matar o animal de forma brutal mediante ação contundente direcionada ao crânio e, posteriormente, submeter o cadáver à evisceração e exposição a fonte de calor intenso por meio de uma churrasqueira, demonstra ausência de empatia e banalização da violência, reforçando a interpretação de que a crueldade animal constitui expressão de um padrão comportamental violento. Esse quadro revela a instrumentalização da vítima animal como meio de subjugação e agressão indireta às vítimas humanas, configurando exemplo típico da Teoria do Elo.

Dessa forma, a violência contra animais deve ser compreendida como fenômeno sentinela de violência interpessoal, cuja identificação precoce pode contribuir para a prevenção de episódios mais graves de agressão contra seres humanos. A literatura científica destaca a necessidade de maior integração entre a perícia médico-veterinária, o sistema de justiça e as políticas públicas de enfrentamento à violência, de modo a reconhecer a crueldade animal como indicador relevante de risco social e criminológico [1] [3].

Por fim, ressalta-se que o elevado grau de carbonização limitou parcialmente a avaliação de lesões externas, constituindo fator de restrição pericial. Ainda assim, os achados internos foram suficientes para a reconstrução da dinâmica do evento e para a caracterização médico-legal da violência, demonstrando a importância da abordagem integrada entre traumatologia, tanatologia e patologia forense veterinária.

4. CONCLUSÃO

O presente caso demonstra que a violência contra animais, quando inserida em contexto de violência intrafamiliar, constitui expressão direta da Teoria do Elo, evidenciando a inter-relação entre crueldade animal e violência interpessoal. Os achados periciais permitiram caracterizar a natureza não acidental das lesões, a cronologia dos eventos e a dinâmica do fato, confirmando que a crueldade animal pode atuar como indicador de risco para a prática de condutas violentas contra pessoas.

Nesse contexto, a perícia criminal médico-veterinária revela-se fundamental para a produção da prova técnico-científica, para a correta tipificação dos delitos e para o rastreamento de padrões de violência com potencial repercussão social. O reconhecimento e a investigação qualificada dos crimes contra animais contribuem para a prevenção da violência interpessoal e para o fortalecimento das estratégias de proteção aos grupos vulneráveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ASCIONE, Frank R. Animal abuse and youth violence. *Juvenile Justice Bulletin*. Washington, DC: U.S. Department of Justice, 2001.

[2] JEGATHEESAN, Brinda et al. Understanding the link between animal cruelty and human violence: a global perspective. *Animals*, Basel, v. 10, n. 5, p. 1-15, 2020.

[3] MONSALVE, Sandra; FERREIRA, Fernando; GARCIA, Rita. The connection between animal abuse and interpersonal violence: a review from the veterinary perspective. *Research in Veterinary Science*, Amsterdam, v. 114, p. 18-26, 2017.

[4] MOTA-ROJAS, Daniel et al. Animal abuse as an indicator of domestic violence. *Animals*, Basel, v. 12, n. 8, p. 977, 2022.

[5] NEWBERRY, Michelle. Pets in danger: exploring the link between domestic violence and animal abuse. *Aggression and Violent Behavior*, Oxford, v. 34, p. 273-281, 2017.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Dano climático associado a crimes ambientais no Cerrado: aplicação do custo social do carbono

M. A. Berçot[a,b], F. S. Freire[b], V. C. Pereira[a], P. H. C.Naves[a], C. G. M. Ângelo[a], G. C.Daltona[a]

[a]*Instituto de Criminalística, Departamento de Polícia Técnica, Polícia Civil do Distrito Federal*
[b]*Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas, Universidade de Brasília (UnB)*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: maria.bercot@pcdf.df.gov.br Tel.: +5561992768554*

Palavras-chave: dano climático, valoração de crimes ambientais, custo social do carbono, Cerrado.

1. INTRODUÇÃO

A degradação ambiental decorrente da supressão de vegetação nativa e da conversão do uso da terra constitui importante fonte de emissão de gases de feito estufa (GEE) no Brasil, especialmente biomas submetidos a intensa pressão de desmatamento, como o Cerrado. Diferentemente de economias fortemente industrializadas, parcela significativa das emissões brasileiras está associada às mudanças de uso da terra e à perda de cobertura vegetal nativa [1]. Nesse contexto, crimes ambientais relacionados ao desmatamento e ao impedimento da regeneração natural da vegetação ultrapassam a dimensão ecológica local, produzindo também impactos climáticos decorrentes da liberação de carbono previamente estocado na biomassa vegetal e da redução da capacidade ecossistêmica de remoção e armazenamento de carbono.

Apesar do crescente reconhecimento da dimensão climática do dano ambiental e de sua incorporação a instrumentos jurídicos e institucionais brasileiros [2], os métodos tradicionalmente empregados na perícia criminal ambiental permanecem predominantemente centrados nos custos físicos de recomposição da área degradada. Destaca-se, nesse cenário, o Método do Custo de Reposição (MCR), amplamente utilizado em razão de sua objetividade operacional, mas que tende a fornecer estimativas parciais do dano e não incorporar adequadamente as perdas associadas aos serviços ecossistêmicos [3-4].

A incorporação da dimensão climática à avaliação e à responsabilização por danos ambientais vem sendo progressivamente fortalecida no Brasil, destacando-se as diretrizes estabelecidas pelo Conselho Nacional de Justiça (CNJ) para consideração dos impactos relacionados às mudanças climáticas na tutela jurisdicional ambiental [5]. Nesse contexto, o Custo Social do Carbono (CSC) apresenta-se como instrumento capaz de internalizar economicamente a externalidade climática e ampliar a valoração dos danos ambientais para além dos custos imediatos de recomposição física.

Diante desse cenário, o presente trabalho teve como objetivo analisar e valorar o dano climático associado a crimes ambientais envolvendo supressão de vegetação nativa do Cerrado, propondo uma metodologia aplicável ao contexto pericial que integra a reconstrução da cobertura vegetal pretérita, a estimativa dos estoques de biomassa e carbono, sua conversão em m CO_2 equivalente (CO_2e) e a valoração econômica das emissões por meio do Custo Social do Carbono.

2. BASE NORMATIVA E CONCEITUAL

A incorporação da dimensão climática à responsabilização ambiental decorre da consolidação progressiva de instrumentos internacionais voltados à mitigação das mudanças climáticas e à proteção dos sumidouros naturais de carbono. Nesse contexto, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC) e o Acordo de Paris reconheceram a necessidade de estabilização das concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa (GEE), bem como a importância da conservação de florestas

e demais ecossistemas terrestres para manutenção da integridade do sistema climático [6-7].

No Brasil, a Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/2009) consolidou diretrizes voltadas à mitigação das emissões antrópicas e à proteção das funções ecossistêmicas associadas ao estoque e sequestro de carbono [8]. No contexto, destaca-se o conceito de dano climático, compreendido como a dimensão específica da danosidade ambiental associada às emissões de GEE e à redução da capacidade de remoção de carbono pelos ecossistemas naturais [9]. O dano climático apresenta efeitos difusos, cumulativos e intergeracionais relacionados às mudanças climáticas globais. Nesse sentido, condutas lesivas à flora podem ocasionar emissões de gases de efeito estufa e/ou decréscimo de sumidouros, circunstância que deve ser considerada no âmbito da avaliação e da responsabilização ambiental [5].

Entre os instrumentos econômicos voltados à valoração dessas externalidades destaca-se o Custo Social do Carbono (CSC), definido como a estimativa monetária dos impactos econômicos, sociais e ambientais associados à emissão incremental de uma tonelada adicional de dióxido de carbono equivalente (CO_2e) na atmosfera. Expresso monetariamente por tonelada de CO_2 emitida, o CSC busca internalizar custos relacionados a perdas agrícolas, eventos climáticos extremos, danos à infraestrutura, redução da produtividade econômica, impactos à saúde pública e degradação ecossistêmica decorrentes das mudanças climáticas. Sua construção metodológica fundamenta-se em modelos integrados de avaliação climática, os quais integram projeções econômicas, sensibilidade climática, funções de dano e mecanismos de desconto intertemporal, permitindo estimar os impactos cumulativos e de longo prazo das emissões de GEE sobre a economia, os ecossistemas e a sociedade [10 - 13].

A literatura recente demonstra, ainda, que os impactos econômicos das mudanças climáticas possuem distribuição heterogênea entre países e regiões, em função de diferenças socioeconômicas, geográficas e de vulnerabilidade climática. Nesse sentido, estimativas do CSC podem ser espacialmente desagregadas, permitindo identificar a parcela dos danos decorrentes de uma emissão adicional de CO_2 suportada por diferentes países e territórios [11]. Essa perspectiva possibilita a adoção de valores mais aderentes ao contexto geográfico analisado e fundamenta, neste trabalho, a utilização de uma estimativa específica do CSC para o Brasil.

A relação entre emissões de carbono e degradação ecossistêmica torna-se particularmente relevante em ecossistemas tropicais, nos quais a biomassa vegetal constitui importante reservatório de carbono. A biomassa representa atributo estrutural central dos ecossistemas florestais tropicais e está diretamente relacionada à quantidade de carbono armazenada na vegetação, além de integrar processos ecológicos relacionados à biodiversidade, ciclagem de nutrientes, estabilidade ecológica e capacidade de provisão de serviços ecossistêmicos [14 - 15]. Assim, a perda de biomassa decorrente da supressão vegetal não representa apenas remoção física de cobertura vegetal, mas também redução da capacidade ecossistêmica de armazenamento e sequestro de carbono, justificando sua utilização como parâmetro biofísico para estimativa dos danos climáticos associados ao desmatamento.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo realizado possui caráter exploratório e aplicado, fundamentando-se em revisão bibliográfica, documental e normativa acerca da valoração ambiental, mudanças climáticas, serviços ecossistêmicos e contabilização de carbono, tendo em vista a estruturação metodológica para incorporação do CSC à rotina pericial de valoração de danos ambientais.

A metodologia proposta baseou-se na integração entre análise espacial multitemporal de uso e cobertura do solo, estimativas preditivas de biomassa e contabilização de carbono. Para caracterização da cobertura vegetal pretérita às áreas degradadas, foram utilizados dados do Projeto MapBiomas [16], da série histórica de Cobertura do Solo do Geoportal do Distrito Federal [17], imagens satelitais multitemporais e registros dos exames *in loco* disponíveis em laudos periciais.

O processamento espacial foi realizado em ambiente SIG do software QGIS 3.36.0, permitindo delimitar as áreas efetivamente desmatadas e identificar as fitofisionomias predominantes anteriores ao dano. Foram considerados os compartimentos de biomassa acima do solo (AGB) e biomassa abaixo do solo (BGB), em conformidade com as diretrizes metodológicas do IPCC [18] e dados preditivos compilados da literatura científica [19]. Para conversão da biomassa seca em carbono utilizou-se a fração padrão de carbono de 0,47 para ambientes tropicais e subtropicais, enquanto a conversão para dióxido de carbono equivalente (CO2e) foi realizada mediante aplicação do fator estequiométrico 44/12.

A monetização do carbono foi realizada mediante adoção do Custo Social do Carbono (CSC) calculado para o Brasil [11], no valor de US$ 24,20/tCO_2e, obtido no cenário SSP2-RCP6.0, considera-

do trajetória intermediária de desenvolvimento socioeconômico e emissões de gases de efeito estufa. Com base nos referenciais técnicos e dados preditivos, foram obtidos os valores de danos climáticos por hectare para as formações vegetacionais campestres, savânica e florestal, como também para formações de pastagem (Tabela 1).

Confronto	Biomassa total	Carbono total	CO_2e	Dano climático (US$)	Dano climático (R$)
Formação campestre	24	11,28	41	992,20	4.961,00
Formação savânica	56	26,32	96	2.323,20	11.616,00
Formação florestal	98	46,06	169	4.089,803	20.449,00

Tabela 1 –Referências de biomassa, carbono, CO_2e e dano climático por hectare para as categorias fitofisionômicas de Cerrado encontradas no Distrito Federal obtidos neste estudo.

A título de segregação da biomassa total em AGB e BGB foram considerados as rações BGB:AGB apresentadas por Miranda et al (2014) [19]: 2,34 para formação campestre, 1,37 para formação savânica e 0,22 para formação florestal.

Embora o estudo se concentre nos danos climáticos decorrentes da supressão de vegetação nativa, incorporou-se também uma referência de biomassa para áreas de pastagem, considerando sua ocorrência frequente em áreas previamente antropizadas examinadas pela perícia ambiental. Adotou-se biomassa total de 8,7 t/ha para a classe tropical dry grassland, com razão BGB de 2,8 [18], valor considerado conservador em relação às estimativas do Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa [20].

A metodologia adotada para cálculo dos danos climáticos fundamentou-se nos procedimentos periciais empregados pelo Instituto de Criminalística da PCDF em exames envolvendo mudanças de uso e cobertura do solo, alinhando-se às diretrizes do CNJ [5]. As principais etapas consistiram em:

- delimitação da poligonal da área objeto de análise e geração de arquivos geoespaciais (.shp, .kml e .kmz);
- identificação da cobertura vegetal pretérita ao dano ambiental, conforme dados constantes nos laudos periciais de local, análise multitemporal de imagens e bases cartográficas;
- identificação e quantificação das áreas efetivamente desmatadas e das antropias existentes;
- estimativa da biomassa vegetal, estoque de carbono e dióxido de carbono equivalente (CO_2e) associados às formações vegetacionais pretéritas na área degradada;
- precificação do montante estimado de CO_2e mediante aplicação do Custo Social do Carbono (CSC).

A Figura 1 sintetiza a trilha metodológica proposta para quantificação e valoração do dano climático, integrando a reconstrução da cobertura vegetal pretérita, a estimativa dos estoques de biomassa e carbono, sua conversão em CO_2e e a valoração pelo Custo Social do Carbono (CSC). O procedimento foi estruturado para aplicação no contexto da perícia ambiental, com base em parâmetros técnicos e científicos passíveis de replicação.



Figura 1 – Trilha metodológica para quantificação e valoração do dano climático decorrente de supressão de vegetação nativa de Cerrado.

4. ESTUDO DE CASO

Como estudo de caso, analisou-se a região da Serrinha do Paranoá, localizada na porção norte do Distrito Federal, inserida predominantemente na Região Administrativa do Lago Norte (RA XVIII). A região abriga importantes remanescentes de vegetação nativa do bioma Cerrado, compostos por formações campestres, savânicas e florestais, além de áreas de nascentes, drenagens naturais e corredores ecológicos associados às bacias hidrográficas contribuintes do Lago Paranoá. Em razão de sua relevância ecológica, paisagística e hídrica, bem como da crescente pressão decorrente da expansão urbana e parcelamentos irregulares do solo, foi instituído o Parque Distrital da Serrinha por meio do Decreto Distrital nº 48.461, de 07 de abril de 2026 [21-22].

Foram analisados 17 laudos de perícia criminal emitidos pelo Instituto de Criminalística da Polícia Civil do Distrito Federal (IC/PCDF) entre os anos de 2013 e 2025 envolvendo supressão de vegetação nativa, especialmente associados a processos de ocupação irregular do solo, parcelamentos informais e desdo-

bramentos históricos da expansão urbana sobre remanescentes de Cerrado na região de estudo. As áreas individualmente afetadas variaram entre 0,038 ha e 4,030 ha, totalizando 10 hectares de vegetação suprimida analisados no conjunto amostral, com média aproximada de 0,59 ha por ocorrência. Os locais estão distribuídos no interior do Parque Distrital da Serrinha e em sua zona de amortecimento (Fig.2).

Considerando os parâmetros metodológicos adotados neste estudo, obteve-se, a partir da aplicação do custo social do carbono de US$ 24,20/tCO_2e, o valor total estimado de dano climático correspondente a R$ 100.452,84, a uma cotação do dólar americano a R$ 5,00 em 25 de maio de 2026.

Os danos analisados decorrem de intervenções localizadas, frequentemente associadas à abertura de acessos, limpeza de terreno, expansão de ocupações informais e consolidação de usos antrópicos em área de Cerrado. Mesmo em pequenas extensões territoriais, a supressão de vegetação savânica implica remoção de biomassa vegetal e perda de estoques de carbono anteriormente mantidos nos ecossistemas naturais do Cerrado, contribuindo para emissões atmosféricas de gases de efeito estufa e redução da capacidade de sequestro de carbono dessas áreas.

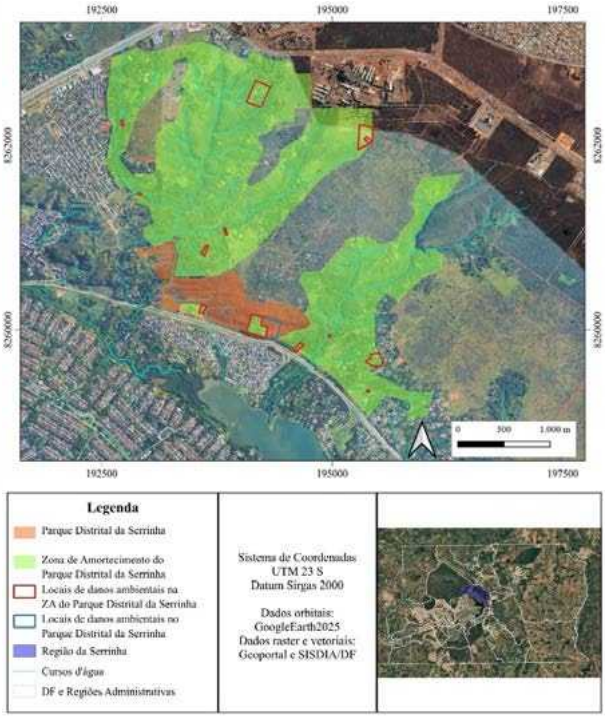


Figura 2 – Região de estudo de cálculo de danos climáticos relacionados a laudos de perícia criminal relativos a crimes ambientais envolvendo supressão de vegetação nativa de Cerrado.

Além dos danos climáticos já experimentados na região de estudo, foram também calculados os danos climáticos potenciais, que correspondem a perdas de cobertura vegetal na hipótese de progredir uma dinâmica de ocupação urbana no espaço protegido até uma condição consolidada.

Com base no mapa de uso e cobertura do solo do MapBiomas relativo ao ano de 2023, o parque distrital possui ainda 52,75 ha de remanescente de vegetação nativa de Cerrado, que correspondem a aproximadamente a 80% de sua área total. Eventual supressão integral da vegetação nativa atualmente existente no interior da poligonal da unidade de conservação resultaria em dano climático estimado em R$ 638.121,33. Já a Zona de Amortecimento possui cerca 479,31 ha de remanescente de vegetação nativa de Cerrado, que, na hipótese de conversão para uso urbano, representaria um montante de R$ 7.209.240,50. Em conjunto, a vegetação nativa remanescente nas duas áreas representa um dano climático potencial de aproximadamente R$ 7,85 milhões, caso integralmente suprimida.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstram a relevância da incorporação da dimensão climática à valoração de danos ambientais, especialmente em casos envolvendo supressão de vegetação nativa no bioma Cerrado. A contabilização dos estoques de carbono associados às fitofisionomias afetadas permitiu ampliar a compreensão tradicional do dano ambiental, incorporando externalidades normalmente não contempladas pelos métodos convencionais de valoração.

Nesse contexto, o cálculo do dano climático mostrou-se instrumento capaz de internalizar impactos indiretos, difusos e intergeracionais decorrentes das emissões de gases de efeito estufa associadas à degradação ambiental, aproximando a responsabilização ambiental dos efeitos efetivamente produzidos sobre o sistema climático. Ressalta-se, contudo, que a valoração do dano climático não se propõe a substituir os métodos tradicionalmente empregados na quantificação dos danos ambientais diretos, mas sim atuar de forma complementar a estes, contribuindo para uma avaliação mais abrangente e integrada dos prejuízos ambientais decorrentes da conversão irregular do uso da terra. A associação entre metodologias de valoração ecológica, reparação material e contabilização climática possibilita maior aproximação entre a extensão multifacetada do dano ambiental e sua correspondente responsabilização jurídica e econômica.

Como contribuição relevante deste estudo destaca-se a obtenção de valores referenciais de dano climático por hectare associados à supressão de diferentes formações vegetacionais do Cerrado. A diferenciação dos valores conforme as fitofisionomias analisadas

evidencia a variabilidade dos estoques de biomassa e carbono entre distintos tipos de cobertura vegetal do bioma e suas diferentes contribuições no serviço ecossistêmico de regulação climática.

Observou-se ainda que a metodologia proposta apresenta elevada compatibilidade com os procedimentos periciais já empregados rotineiramente pelo Instituto de Criminalística da PCDF em exames envolvendo mudanças de uso e cobertura do solo. A utilização de bases cartográficas e imagens multitemporais, associada à delimitação espacial individualizada das áreas efetivamente desmatadas, demonstrou que a contabilização do dano climático pode ser incorporada à rotina pericial sem comprometer a tempestividade dos laudos ou demandar procedimentos substancialmente distintos daqueles já realizados nos exames ambientais. Assim, a integração entre análise espacial, estimativas de biomassa e aplicação do Custo Social do Carbono revela-se operacionalmente viável como ferramenta complementar à valoração ambiental no âmbito da perícia criminal.

Por, destacam-se perspectivas relevantes para o aprofundamento metodológico do tema, especialmente relacionadas à incorporação de outros compartimentos de estoque de carbono além da biomassa vegetal, como carbono orgânico do solo, serrapilheira e madeira morta, bem como à aplicação da metodologia em contextos de incêndios em vegetação nativa. Estudos futuros também poderão avançar na utilização de dados locais de biomassa, modelagens espaciais de maior resolução e metodologias dinâmicas de recuperação ecossistêmica, contribuindo para maior precisão das estimativas e para o aperfeiçoamento da valoração de danos climáticos, especialmente quanto à quantificação dos danos interinos decorrentes da interrupção temporária das funções ecossistêmicas de regulação climática, estoque e remoção de carbono atmosférico.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos colegas peritos criminais de Seção de Crimes contra o Meio Ambiente do Instituto de Criminalística da PCDF, pelas produtivas discussões técnicas que nos impulsionam ao contínuo aperfeiçoamento da perícia ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Observatório do Clima. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG). *Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970–2023*. São Paulo: Observatório do Clima, 2024. Disponível em: https://seeg.eco.br/. Acesso em: 24 de maio 2026.

[2] Mendes, A. A. *A responsabilização por danos climáticos no Judiciário brasileiro: um estudo sobre a importância da valoração do carbono para a Justiça climática*. (Monografia de conclusão de curso de Graduação em Direito). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2025.

[3] Magliano, M. O. *Valoração econômica em laudos periciais de crimes contra o meio ambiente: proposição metodológica para aplicação do método do custo de reposição*. Dissertação (Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais), Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

[4] Correa, R. S.; Souza, A. N. Valoração de danos indiretos em perícias ambientais. *Revista Brasileira de Criminalística*, v. 2, p. 7-15, 2013.

[5] Conselho Nacional de Justiça (CNJ). Resolução nº 433, de 27 de outubro de 2021. Brasília: CNJ, 2021. Disponível em: https://atos.cnj.jus.br/atos/detalhar/4214. Acesso em: 24 de maio de 2026.

[6] Brasil. Decreto nº 2.652, de 1º de julho de 1998. Promulga a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

[7] Brasil. Decreto nº 9.073, de 5 de junho de 2017. Promulga o Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

[8] Brasil. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências.

[9] Alencar, A. A. C.; et al. Nota metodológica: Estimativa de emissões de gases de efeito estufa por corte raso, fogo e corte seletivo via plataforma CCAL. Versão 2.0. Brasília, DF: *Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia – IPAM*, 2025.

[10] Nordhaus, W. D. Revisiting the social cost of carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, v. 114, n. 7, p. 1518–1523, 2017.

[11] Ricke, K. et al. Country-level social cost of carbon. *Nature Climate Change*, v. 8, p. 895–900, 2018.

[12] Rennert, Kevin et al. Comprehensive evidence implies a higher social cost of CO_2. *Nature*, v. 610, p. 687–692, 2022.

[13] van den Bergh, J. C. J. M.; Botzen, W. J. W. A lower bound to the social cost of CO_2 emissions. *Nature Climate Change*, v. 5, n. 3, p. 253–258, 2015.

[14] Poorter, L et al. Multidimensional tropical forest recovery. *Science*, 374, n. 6573, p. 1370–1376, 2021.

[15] Poorter, L. et al. Biomass resilience of Neotropical secondary forests. *Nature*, v. 530, p. 211–214, 2016.

[16] Mapbiomas. *Projeto MapBiomas .Coleção 10.1 da série anual de mapas de uso e cobertura do solo* . 2024. Disponível em: https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/coverage. Acesso em: 24 de maio de 2026.

[17] Distrito Federal. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação. *Geoportal do Distrito Federal*. Brasília: Governo do Distrito Federal, 2025. Disponível em: https://www.ide.df.gov.br/geoportal/. Acesso em 24 de maio de 2026.

[18] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. 2006. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html. Acesso em 24 de maio de 2026.

[19] Miranda, S. C; Bustamante, M.; Palace, M.; Hagen, S.; Keller, M.; Ferreira, L. G. Regional variations in biomass distribution in Brazilian savanna woodland. *Biotropica*, v. 46, n. 2, p. 125–138, 2014.

[20] BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília: MCTI, 2020.

[21] Globo. Serrinha do Paranoá é transformada em parque distrital (reportage). Disponível em: https://g1.globo.com/df/distrito-federal/noticia/2026/04/07/serrinha-do-paranoa-antes-incluida-no-plano-para-salvar-o-brb-e-transformada-em-parque-distrital.ghtml. Acesso em: 25 de maio de 2026.

[22] Distrito Federal. Decreto nº 48.461, de 7 de abril de 2026. Cria o Parque Distrital da Serrinha e sua Zona de Amortecimento, na Região Administrativa do Lago Norte – RA XVIII, e dá outras providências. Disponível em: https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/740b71fb1bc84dce8436b2119638bce0/Decreto_48461_07_04_2026.html. Acesso em: 25 de maio de 2026.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise forense integrada em cadáver de *Hydrochoerus hydrochaeris* - capivara.

J. M. Maczuga[a], A. Andreassa[a], A. C. Bressan[a], B. M. S. Chalcoski[a], B. B. Mileki.[a], K. C. Cancela[a], S. C. Jorge[a], N. Wistuba[a]

[a]*Polícia Científica do Paraná, Paraná(PR), Brasil*

**Endereço de e-mail para correspondência : periciasambientais@policiacientifica.pr.gov.br Tel.: +55 41 995160371*

Palavras-chave:entomologia forense, zoomorfologia forense, necropsia veterinária, perícia ambiental.

1. INTRODUÇÃO

A escassez de vestígios em locais de crime representa um desafio para a elucidação de ilícitos em todas as áreas da criminalística, sobretudo em crimes ambientais e, portanto é frequente que a obtenção de provas conclusivas no exame de local resta limitadas sem o suporte de exames complementares. Este cenário pode ser evidenciado ao relato de um caso atendido pela Polícia Científica do Paraná, e ocorrido em Ponta Grossa — próximo à Área de Proteção Ambiental de Olarias —, o qual envolveu o achado de um cadáver de capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) em avançado estado de decomposição. O exame pericial de local constatou a escassez de vestígios imediatos para elucidar a dinâmica do evento, bem como de autoria, o que motivou o encaminhamento do cadáver à Seção de Perícias Ambientais, em Curitiba, para a realização de exames complementares. Diante dessa limitação inicial, o presente estudo objetiva demonstrar como uma análise forense integrada atua constitui ferramenta essencial para superar a ausência de evidências de campo. Para tanto, utilizou-se diferentes recursos disponíveis — exame de imagem (*Flatscan*), acervo técnico de referência, osteologia e entomologia forense —, evidenciando que a abordagem multidisciplinar viabiliza a elucidação de informações mesmo diante de limitações biológicas e de campo iniciais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Apresentação do cadáver animal

O cadáver apresentava regiões de mumificação, áreas já esqueletizadas e pouca quantidade de tecido, os quais em fase de liquefação – *Figura* 1.



Figura 1. Detalhes da apresentação do cadáver.

2.2. Do exame de Imagem

Previamente ao exame de necropsia, o cadáver foi submetido ao exame de imagem em equipamento *Flatscan,* DF80 – VMI Security, disponível na Polícia Científica do Paraná. Foram realizadas incidências nas regiões do corpo, abrangendo crânio, pele e ossos.

2.3. Do exame externo

Apesar da ausência de partes do corpo, procedeu-se à biometria, sendo observados os seguintes parâmetros:

massa, comprimento da cabeça e comprimento aproximado do corpo. A avaliação do escore corporal restou prejudicada em função do estado avançado de decomposição. O exame externo do cadáver consistiu na observação da pele bem como dos ossos expostos em função do processo de esqueletização.

2.4. Do exame interno

Considerando que, no momento do recebimento do corpo, os órgãos estavam ausentes e havia apenas pele ressecada, ossos e resquícios de tecidos moles, sem estruturas passíveis de análise, pouco foi possível observar ao exame interno.

2.5. Do procedimento de maceração

A fim de realizar a delimitação de possíveis lesões principalmente no crânio, mas também nos demais ossos, posteriormente ao exame necroscópico, realizou-se o procedimento denominado maceração, que consiste na retirada de todos os tecidos moles, restando apenas os ossos. Tratando-se de um animal de espécie pouco comum em análises forenses e considerando que ossos de animais selvagens apresentam peculiaridades que podem ser equivocadamente interpretadas como fissuras, optou-se pela realização do procedimento de maceração com o objetivo de descartar a existência de fraturas ou outras lesões. O procedimento de limpeza osteológica se deu por ação térmica e mecânica.

2.6. Da análise osteológica e do exame de comparação com peça do Acervo da Seção de Perícias Ambientais

A análise das estruturas remanescentes do cadáver foi realizada antes e após o processo de maceração. Pela análise osteológica, foi possível observar detalhes das estruturas ósseas, a fim de se traçar estimativa de idade, possíveis traumas – diferenciação entre traumas *antemortem*, *perimortem* ou *post-mortem,* observação de fenômenos da tafonomia e cronotanatognose. Além disso, buscou-se, após o processo, a realização de exame comparativo do crânio e da mandíbula com o material disponível no acervo da Seção de Perícias Ambientais.

2.6. Do exame entomológico

Foram identificadas três perfurações circulares na região lombossacra dorsal esquerda, sendo duas superiores e uma inferior, as quais apresentam bordas arredondadas e relativamente regulares, ausência de lacerações extensas (halos de contusão ou projéteis) ou marcas evidentes de dentição. Os orifícios possuíam diâmetros de 3 mm a 5 mm, padrão homogêneo e variação compatível com alargamento progressivo, indicando ação biológica repetida. Diante da possibilidade de tais achados serem condizentes com ação de fauna cadavérica, utilizou-se dos padrões dos orifícios circulares encontrados, associado ao estágio da carcaça, os quais foram comparados com a literatura a fim de estabelecer a compatibilidade dos achados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise integrada iniciou com o exame radiográfico, o qual não revelou descontinuidades no crânio ou no esqueleto remanescente. Contudo, a integridade da análise foi limitada pela ausência de determinados segmentos e pela presença de elementos ósseos dispersos. Embora não tenham sido identificados artefatos radiopacos compatíveis com projéteis de arma de fogo, observaram-se perfurações em estruturas ósseas específicas – Figura 2.

À biometria, o cadáver apresentou massa 9,05 kg, considerando-se a perda de tecidos e de água pelas condições avançadas do vestígio, bem como comprimento cefálico de 29,0 cm e comprimento aproximado do corpo 93,0 cm (com base na coluna vertebral).

A pele, desidratada e ressecada em função de alterações post mortem características do processo de mumificação, apresentava pelos em toda a sua extensão, embora houvesse a presença de falhas pilosas na face e na região lombossacral – Figura 3. Em meio aos pelos estavam presentes restos de galhos, de vegetação, além de larvas, pupas e artrópodes adultos. O remanescente de pele do corpo media aproximadamente 53 cm de comprimento por 53 cm de largura. As bordas apresentavam aspecto coriáceo e irregular nas regiões correspondentes. Na pele da região cefálica, foram encontrados orifícios com diferentes padrões: uma lesão de pele não transfixante, de formato oval, com 30mm de comprimento x 10mm de largura, formando fundo de saco, na região do arco zigomático direito; duas perfurações com bordos irregulares próximo às narinas, com aproximadamente 10mm de diâmetro; múltiplas perfurações com diâmetros próximos a 3 mm em ambos os lados da face, com formatos circulares ou arredondados; orifícios de formato irregular correspondentes às orelhas e à área dos olhos com bordas laceradas.

Na pele do corpo foram observados: dois orifícios de 30mm de comprimento por 15mm de largura

com bordas irregulares, próximo à região torácica direita; uma perfuração de formato irregular na região lombar esquerda (com 15mm x 5mm); três perfurações de formato circular na região lombossacra com aproximadamente 5 mm de diâmetro - Figuras 4 a 6. Também estavam presentes: 12 a 13 pares de costelas parcialmente articuladas às vértebras; dentes soltos; pequenos ossos e falanges componentes de membros pélvicos e torácicos; fêmur esquerdo; tíbias; osso coxal – Figura 7. Parte dos ossos dos membros torácicos como escápulas, úmeros, rádios e ulnas além de falanges, também estavam presentes e presos ao corpo. O crânio, ainda recoberto por pele, encontrava-se parcialmente ligado ao restante do corpo por uma estreita faixa de tecido com aproximadamente 30,0 cm de comprimento. Ao longo do exame externo foram observadas perfurações de formato circular com diâmetros variando entre 3 a 10 mm na região das vértebras cervicais e torácicas. Em meio aos tecidos ressecados da região cervical havia três perfurações transfixantes em formato arredondado com aproximadamente 3 mm de diâmetro. Não foram observadas fraturas no crânio, porém havia um orifício transfixante de padrão oval em cada escápula, bem como fraturas cominutivas na margem dorsal da escápula esquerda. Parte da epífise proximal do úmero esquerdo estava ausente e apresentava aspecto de desgaste. Em função dos processos de mumificação e esqueletização em que o corpo se encontrava, não foi possível verificar a presença de tecidos que indicassem outras características relevantes para determinação da causa mortis.

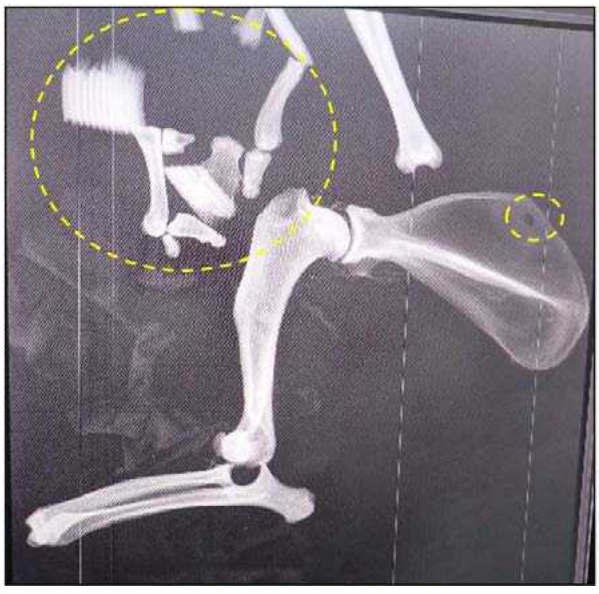


Figura 2. Projeção látero-lateral de membro torácico. É possível observar ossos soltos, além de dentes e uma perfuração na escápula, delimitada pelo círculo de cor amarela.



Figura 3. Remanescentes do animal em decúbito ventral.



Figura 4. Cabeça na qual é apontada, com instrumento, as duas perfurações correspondentes à região das orelhas.



Figura 5. Perfurações de formato irregular próximo às narinas.

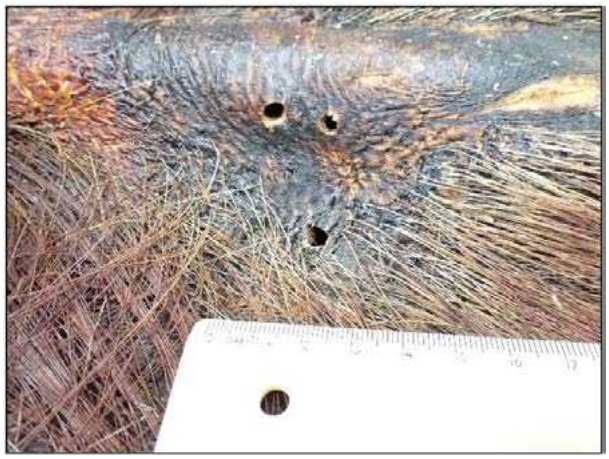


Figura 6. Três perfurações com formato circular na região lombossacra dorsal esquerda.

Ressalta-se que orifícios de bordos irregulares possivelmente resultaram da ação de fauna cadavérica, sendo que alguns exibiam padrões compatíveis com a atividade de artrópodes presentes no ambiente em que o cadáver permaneceu. Com base na escala visível, os orifícios tinham diâmetros de 3mm a 5mm, de padrão homogêneo, com variação compatível a um alargamento progressivo, indicando uma ação biológica repetida. Devido ao tipo de tecido seco, pele e restos musculares, os achados são altamente compatíveis com atividades de insetos necrógafos, especialmente da Ordem Coleoptera (Linnaeus, 1758), das famílias Dermestidae (Latreille, 1804), Cleridae (Latreille, 1802) e Histeridae (Gyllenhaal, 1808), cujas larvas e adultos atuam preferencialmente em estágios avançados da decomposição [1][2]. Segundo alguns trabalhos de tafonomia forense [3][4], se comparadas ao hábito de colonização das demais famílias de coleópteras, algumas espécies do gênero Dermestes (Linnaeus,1758) conhecidos como "besouros de couro", produzem perfurações circulares bem delimitadas equivalentes às encontradas, principalmente quando a umidade corporal é reduzida e as temperaturas são relativamente altas. Quanto à cronotanatognose, a forma dos orifícios e o estágio da carcaça, indicam uma ação provocada pela fauna cadavérica, com uma estimativa de intervalo pós-morte (IPM) entre 20-30 dias, a depender de fatores do cadáver e ambientais diversos.

Na região torácica, observaram-se apenas tecidos ressecados, enquanto na região lombar havia remanescentes de musculatura em processo de liquefação. Assim, devido às alterações post mortem, não foi possível identificar lesões ou outras alterações. A partir da comparação com material do acervo forense da Seção de Perícias Ambientais, foi possível observar a presença de suturas cranianas fechadas ou pouco visíveis que, juntamente com o tamanho do crânio, permitiram afirmar que se tratava de um animal adulto de grande porte – Figuras 8 a 10. Não foram observadas perfurações nem fraturas no crânio ou na mandíbula analisados. Porém, constatou-se uma perfuração na escápula direita com 7 mm de diâmetro e com características similares a uma lesão gerada por arma de fogo, denominada funil de Bonnet [5], composto pelos orifícios de entrada e de saída – Figura 11. Esta lesão apresentou características de coloração e formato das bordas a partir das quais pode-se inferir que ocorrera enquanto o animal estava vivo, e com trajeto da região caudal em direção à cranial do corpo.



Figura 7. Detalhes dos ossos longos e curtos compilados para análise.



Figura 8. Região dorsal do crânio questionado (direita) e do crânio de capivara (esquerda) do acervo da Polícia Científica do Paraná.



Figura 9. Região ventral do crânio questionado (direita) e do crânio de capivara (esquerda) do acervo da Polícia Científica do Paraná.



Figura 10. Mandíbula questionada (direita) e mandíbula de capivara (esquerda) do acervo da Polícia Científica do Paraná.



Figura 11. Perfuração na face lateral da escápula, observada em detalhes após maceração – funil de Bonnet.

4. CONCLUSÕES

A cronologia da esqueletização em animais é extremamente variável, podendo iniciar com quatro semanas e se estender por meses a anos, a depender das condições [6]. Apesar de não ser possível precisar o intervalo post mortem em função de variações ambientais, os processos de coliquação dos tecidos, mumificação da pele e esqueletização observados durante o exame revelam que, possivelmente, o corpo do animal permaneceu ao ar livre ou em local seco, por tempo não inferior a três semanas. A partir dos dados biométricos coletados durante o exame necroscópico, aliados aos resultados obtidos com a maceração do crânio, foi possível concluir que se tratava de um animal adulto e de porte grande para a espécie. Além disso, a comparação do comprimento total com referências da literatura especializada evidenciou a ausência de parte da pele da região torácica [7]. Dessa forma, o padrão de lesões observado, especialmente a remoção parcial da pele do tórax e a integridade dos ossos dos membros e da coluna vertebral – áreas ricas em massa muscular, não corresponde ao que usualmente se verifica em animais abatidos para consumo.

Por meio da análise das características morfológicas, especialmente dos dados biométricos, bem como de particularidades do crânio e da dentição, constatou-se que se tratava da espécie Hydrochoerus hydrochaeris [7], pertencente à ordem Rodentia e família Caviidae, popularmente conhecida como capivara.

Quanto à determinação da causa mortis, o avançado estágio de decomposição em que o cadáver se encontrava no momento do exame impossibilitou esta análise. Embora não tenham sido identificados fragmentos de chumbo ou projéteis no exame de imagem, no exame pericial do cadáver, foram observadas lesões em diferentes regiões do corpo com características compatíveis com aquelas produzidas por armas de fogo. Ainda, é possível afirmar que ao menos a lesão localizada na escápula apresentava características compatíveis com ferimentos gerados por instrumento pérfurocontundente de grande energia, como projéteis de arma de fogo. Além disso, as características dessa lesão – coloração uniforme da área fraturada, ausência de cicatrização, propriedades biomecânicas preservadas (elasticidade e plasticidade), por exemplo, permitem afirmar que essa ocorreu no período perimortem, ou seja, que o animal fora atingido ainda em vida.

Por fim, a forma dos orifícios compatíveis com ação entomológica e o estágio da carcaça, indicam uma ação provocada por dermestídeos, com uma estimativa de intervalo pós-morte (IPM) entre 20-30 dias. Todavia, seriam necessários outros dados complementares para confirmação do IPM, como temperatura média, umidade relativa e captura dos insetos (larvas e adultos) para o devido esclarecimento.

Diante do exposto, conclui-se que informações sobre a dinâmica do óbito do espécime de Hydrochoerus hydrochaeris — inviabilizada inicialmente no local de crime devido ao avançado estado de decomposição do cadáver e ausência de demais elementos no local — foi possível por meio da análise integrada e transdisciplinar dos recursos forenses da Polícia Científica do Paraná. A convergência diagnóstica entre o exame de imagem por Flatscan , a maceração e a avaliação osteológica permitiu superar as limitações da putrefação, viabilizando a identificação de traumas ósseos perimortem e vestígios balísticos ocultos, enquanto a análise entomológica possibilitou uma estimativa do intervalo postmortem. Ainda, a comparação morfológica entre as estruturas ósseas da amostra e os espécimes de referência do acervo da Seção de Perícias Ambientais em associação com o estudo da osteologia possibilitaram a definição da espécie envolvida, bem como características que permitiram estabelecer faixa e etária e porte.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Seção de Antropologia Forense da Polícia Científica pelo apoio técnico nos exames osteológicos, especialmente pelo diálogo e compartilhamento de saberes que enriqueceram o desenvolvimento deste caso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] K.M. Mise; L.M. Almeida; M.O. Moura. Levantamento da fauna de Coleoptera de importância forense em Curitiba, Paraná. Rev. Bras. Entomol. 51: 492-502 (2007).

[2] N.I. Zanetti; E.C. Viscarelli; N.D. Centeno. The Checklist of Southern Neotropical Silphidae (Insecta: Coleoptera). Zootaxa 3904: 505-523 (2015).

[3] A.E. Fernández; P.D. Escosteguy; F.M. Rugnone. La acción de Dermestes maculatus (Coleoptera: Dermestidae) sobre restos óseos: un experimento de tafonomía actualística. Rev. Mus. Antropol. 15: 259-272 (2022).

[4] H. Schroeder et al. Larder beetles (Coleoptera, Dermestidae) as an accelerating factor for decomposition of a human corpse. Forensic Sci. Int. 127: 231-236 (2002).

[5] G.V. França. Medicina legal. 11. ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro (2017).

[6] R.A. Tostes. Alterações cadavéricas e estimativas de tempo de morte. In: R.A. Tostes; S.T.J. Reis; V.V. Castilho. Tratado de Medicina Veterinária Legal. Medvep, Curitiba (2017) 210-221.

[7] H.R. Benatti et al. Morphometric Patterns and Blood Biochemistry of Capybaras (Hydrochoerus hydrochaeris) from Human-Modified and Natural Landscapes. Vet. Sci. 8: 165 (2021).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Levantamento de fauna periciada no Distrito Federal entre 2009 e 2025

J. J. Y. A. Sato[a,b,*], M. A. Berçot[b], P. H. C. Naves[b], A. M. Trein[b], L. P. A. Deus[b], A. E. Maia[b], D. B. Luz[b], Y. N. G. Fonseca[b], F. P. Rodrigues[a], G. C. Dalton[b, *]

[a]*Universidade de Brasília, Brasil*

[b]*Instituto de Criminalística, Polícia Civil do Distrito Federal, Brasil*

[*]*Endereço de e-mail para correspondência: cgdalton2010@gmail.com Tel.: +55-61-98175-3216 / yurikajuliane@@gmail.com Tel.: +55-61-98287-6499.*

Palavras-chave: fauna; tráfico de animais silvestres; maus-tratos; perícia.

1. INTRODUÇÃO

O tráfico de animais é caracterizado como crime pela legislação brasileira, representando uma grande ameaça à biodiversidade nacional, entretanto, estima-se que 38 milhões de animais são traficados anualmente no país [1]. A RENCTAS (Rede Nacional de Combate ao Tráfico de Animais Silvestres) classifica o Distrito Federal como localidade de venda de animais silvestres [2], indicando a existência de um mercado consolidado na capital do país.

Nos casos de animais domésticos, evidencia-se a legislação acerca principalmente de maus-tratos, como abandono, agressão, situação precária de higiene, indisponibilidade de abrigo, alimentação e água, esforços excessivos, rinhas, entre outros.

Diante disso, destaca-se a importância de analisar a fauna recebida para perícia, a fim de compreender a dinâmica do tráfico e padrões de maus-tratos, afim de subsidiar melhores políticas públicas de combate. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou o levantamento de dados entre 2009 e 2025 sobre a fauna no Distrito Federal objeto de perícia na Seção de Crimes Contra o Meio Ambiente do Instituto de Criminalística da Polícia Civil do Distrito Federal.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisados laudos periciais elaborados entre 2009 e 2025 pela Seção de Crimes Contra o Meio Ambiente (SCMA) do Instituto de Criminalística da Polícia Civil do Distrito Federal (IC/PCDF), com o objetivo de levantar dados sobre crimes contra a fauna, identificar espécies mais recorrentes e caracterizar artefatos associados às ocorrências. Os dados foram armazenados e avaliados em planilha eletrônica (Excel), a fauna foi organizada em grupos de invertebrados, peixes, répteis, aves e mamíferos. Os espécimes foram classificados em nativos e exóticos, e com relação a ameaça de extinção, com dados do SALVE (Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade) quando nativo, e da IUCN (The International Union for Conservation of Nature) quando exótico.

3. RESULTADOS

Foram analisados 1815 laudos entre 2009 e 2025 (Fig. 1), destes, 1249 (68,82%) caracterizavam aves, 251 (13,83%) mamíferos, 102 (5,62%) peixes, 76 (4,19%) répteis e 2 (0,11%) invertebrados, somando 18.036 indivíduos, excluídos os invertebrados que tiveram sua contabilização realizada em quilos (Fig. 2).



Figura 1. Quantidade de laudos acerca da perícia de aves, mamíferos, répteis, peixes e invertebrados.

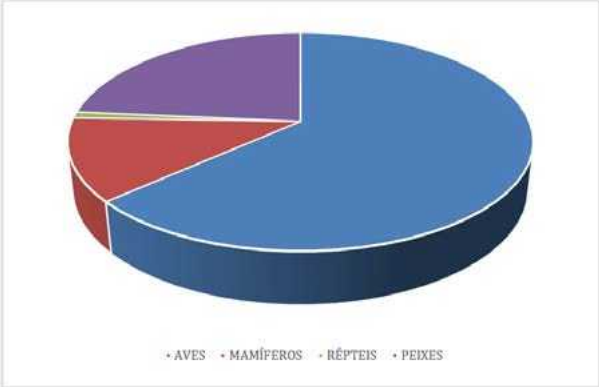


Figura 2. Proporção de indivíduos em cada grupo faunístico.

3.1 Invertebrados

Os invertebrados aparecem somente em 2024 e 2025, com um laudo em cada ano, em ambos se tratavam da família Palaemonidae, uma família de camarões. Não foi possível a determinação de gênero ou espécie. Os camarões foram quantificados em quilos, somando 4,75 kg.

3.2 Peixes

Os peixes totalizam 4250 indivíduos, divididos em 32 famílias e representando 23,14% dos animais, não sendo possível a identificação de 9 espécimes. A família mais representativa foi Cichlidae, com 1795 indivíduos, seguida de Characidae (562 indivíduos) e Prochilodontidae (531 indivíduos). Das 98 espécies identificadas, 9 se tratavam de espécies exóticas, representando 1262 indivíduos (29,69%). A espécie mais abundante foi *Oreochromis niloticus* (tilápia-do-nilo), com 890 indivíduos, seguido de *Piaractus mesopotamicus* (pacu-caranha), com 325 indivíduos e *Cichla ocellaris* (tucunaré) com 241 indivíduos. Destaca-se que 1.645 indivíduos foram identificados somente à nível de gênero, e 69 apenas à nível de família.

Somente uma espécie está ameaçada de extinção, o Pintado *(Pseudoplatystoma corruscans)*, categorizada como vulnerável, com 8 indivíduos.

3.3 Répteis

Os répteis aparecem em 76 laudos e somam 163 indivíduos, representando somente 0,90% dos animais. Possuem representantes em todas as ordens da classe Reptilia, a exceção de Rhynchocephalia. Testudine apresentou 70 indivíduos divididos em oito espécies, Squamata com 69 indivíduos divididos em 12 espécies e Crocodylia com 19 indivíduos divididos em três espécies. Agrupadas, as serpentes representam a subordem mais representativa, com 53 indivíduos. Dentre os exames de crocodilianos, todos envolviam animais abatidos, na forma de couro ou artefatos.

Dentre os espécimes, cinco não foram identificados e 11 só permitiram identificação à nível de ordem. O gênero *Chelonoidis sp.* é o único representante com espécies ameaçadas de extinção, a *C. carbonaria* (Jabuti-piranga), classificada como Vulnerável, e *C. denticulatus* (Jabuti-tinga), classificada como em perigo.

3.4. Aves

Aves representam 63,36% dos animais, somando 11.428 indivíduos, distribuídos em 1.250 laudos (68,87%). Apresentando 116 espécies, destas, 14 são exóticas (107 indivíduos, representando 0,94% das aves). Apresentam quatro espécies classificadas como vulneráveis à extinção (*Sporophila falcirostris*, *S. frontalis*, *S. melanogaster* e *Carduelis yarrellii*), somando 205 indivíduos, e uma criticamente em perigo, *Sporophila maximiliani*, com 42 indivíduos. Apenas 13 indivíduos não foram identificados, e 47 eram híbridos. Dentre os híbridos, 45 se tratavam do pintagol, híbrido de pintassilgo (*Spinus magellanicus*) com canário (*Serinus canaria*).

Dos 68 gêneros, o com maior quantidade de espécies foi Sporophila (20), seguido de Turdus (6), Amazona (5) e Icterus e Euphonia (ambos com 4 espécies). Sicalis com somente duas espécies apresentou mais indivíduos (5.581), destes 5.535 eram *S. flaveola*, tendo uma ocorrência com 1.800 indivíduos. A espécie representa 48,43% das aves e 30,69% de todos os animais, e apareceu em 343 laudos periciais (27,46% de todos os laudos e 18,9% entre os laudos de aves), com uma média de 16,25 canários por laudo.

As espécies de *Sporophila* somam 2.138 aves, sendo as mais comuns *S. nigricollis*, com 933 *indivíduos S. angolensis*, com 289 indivíduos e *S. caerulescens*,

com 281 indivíduos. As espécies *Amazona aestiva*, *Sporophila caerulescens*, *S. nigricollis* e *Sicalis flaveola* aparecem em todos os anos analisados.

3.5 Mamíferos

Foram periciados 2.193 espécimes de mamíferos, com 163 representantes silvestres, 191 animais de criação e 1.812 animais de companhia. Não foi possível a identificação de 78 indivíduos, sendo que 51 provavelmente se tratavam de animais de companhia.

Dentre o grupo, cinco indivíduos de quatro espécies diferentes (*Blastocerus dichotomus*, *Tayassu pecari*, *Myrmecophaga tridactyla* e *Saguinus niger*) são classificados como vulneráveis à extinção.

Agrupando as espécies de tatu, foram contabilizados 67 espécimes, e apenas três foram periciados vivos, todos da espécie *Euphractus sexcinctus*. A espécie mais presente foi *Dasypus novemcinctus,* com 35 indivíduos.

Dentre as carcaças, foram encontradas 171, sendo as mais expressivas as de *D. novemcinctus*, com 35 indivíduos, 22 não identificadas, 17 de *Cuniculus paca*, 14 de *Canis lupus* e 13 de *E. sexcinctus*.

A grande maioria dos mamíferos silvestres abatidos examinados se emquadram na motivação de consumo humano, podendo ser próprio ou para comercialização ilegal de carne.

3.5.1 Cães e gatos

Os cães e gatos aparecem expressivamente a partir de 2017 e 2018 respectivamente, conforme Fig. 3, totalizando 1207 cães e 451 gatos. Dentre os cães, 883 eram sem raça definida, um percentual de 41,26% dos cães. As raças Lhasa Apso e Shitzu aparecem com 52 indivíduos cada, e Yorkshire Terrier com 51, majoritariamente associados com situações de cativeiro para reprodução e venda de filhotes.

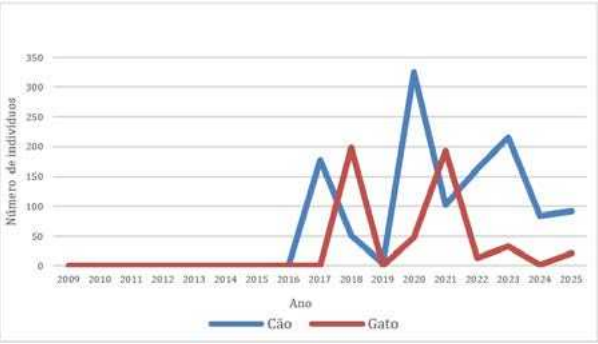


Figura 3. Quantidade de indivíduos de cães e gatos periciados entre os anos 2009 e 2025 na Seção de Crimes Contra o Meio Ambiente.

3.6 Artefatos

Os artefatos configuram objetos relacionados à crimes contra à fauna. Foram periciados 1.838 artefatos, agrupados por sua utilização como artefatos de pesca, rinha, artesanato, medicamento e para aves cativas.

Os artefatos para aves cativas, incluindo gaiolas, caixas de madeira, caixa de transporte, alçapão e anilha, somaram 755 objetos, representando 41,1% dos artefatos. O segundo grupo mais predominante foram objetos de pesca, com 524 artefatos, incluindo rede de pesca, rede de emalhar, tarrafa, vara de pesca, armadilha tipo covo, vara de pesca, anzol, linha de pesca, rede de arrasto, molinete, isca artificial, boia, flutuador, fieira e caixa térmica. Já os artefatos relacionados à rinha de aves, como anilha de asa, biqueira e botoqueira, espora plástica, fragmento de espora e bucha somaram 372 artefatos.

Também foram encontrados artefatos relacionados a crimes ambientais, como faca, facão, arbalete, estilingue e serra, somando 27 objetos, medicamentos como antibióticos, anti-inflamatórios, antiparasitários e analgésicos (Chemitril, Cor-trat, Tyladen, Metronidazol e Dipirona), somando 23 objetos e 121 artefatos de artesanato, com acessórios utilizando partes animais, como colares, pulseiras e brincos.

4. DISCUSSÃO

Os resultados revelam um perfil de tráfico de fauna majoritariamente composto por aves, com maior prevalência dos passeriformes, dados que corroboram com resultados da literatura [3]. *Sicalis flaveola* (canário-da-terra-verdadeiro) foi a ave mais apreendida, dado semelhante aos registrados pelo IBAMA e instituições parceiras entre 2005 e 2009 [4]. Apesar da situação crítica de tráfico, a espécie não é considerada ameaçada de extinção, e tem sua população considerada estável [5,6].

A segunda espécie de maior frequência no levantamento foi o cão doméstico (*Canis lupus familiaris*), com 1.211 indivíduos, representando 6,71% dos animais apreendidos. A maioria se tratava de cães sem raça definida, associados principalmente a situações de acumulação. Os registros de cães aparecem a partir de 2017 e apresentam um aumento de casos em 2020, mesmo ano que a Lei nº 14.064/2020 (Lei Sansão) foi sancionada, que elevou as penas para crimes de maus-tratos contra cães e gatos na Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998).

A presença de animais exóticos representa muitas vezes riscos à fauna nativa e para a saúde

pública [7]. O grupo com maior quantidade de indivíduos exóticos foram os peixes, com 1.262 indivíduos. A tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) é a maior representante, com 890 indivíduos. Essa espécie foi introduzida nos ecossistemas aquáticos brasileiros para fins de pesca e psicultura, mas autores já apontam problemas ecológicos relacionados à sua presença [8]. No Distrito Federal a tilápia-do-nilo apresenta ocorrência em todas as três regiões hidrográficas [9, 10, 11]

De acordo com a IUCN, os animais considerados como ameaçados de extinção são os classificados como vulnerável (VU), em perigo (EN) e criticamente em perigo (CR). Foram contabilizados 164 espécimes ameaçados, destes 73,78% eram aves. Os répteis foram o grupo com maior proporção de animais ameaçados de extinção, com 7,97% dos indivíduos ameaçados. No grupo dos mamíferos, houve uma maior proporção de espécies ameaçadas de extinção, com 19% classificados como vulneráveis.

Entre os mamíferos silvestres, o tatu foi o mais frequente, com ocorrências majoritariamente em carcaças. Esses animais são alvo de caça para consumo da carne e também pela sua carapaça, que pode servir de matéria-prima para artesanato ou fins medicinais, podendo apresentar riscos de zoonoses [12]. Já entre os répteis houve uma prevalência de serpentes, animais que ao longo dos últimos anos passaram a se tornar animais de companhia mais populares [13].

A quantidade de artefatos por cada grupo, são proporcionais aos números encontrados dos respectivos grupos de animais alvo dos objetos. Os achados de medicamentos anti-inflamatórios e antibióticos condizem com outros achados acerca do uso em rinhas de galo [14]

5. CONCLUSÕES

Os dados analisados mostram um padrão demonstrado em outros estudos sobre tráfico de animais, com predominância de aves, especialmente do canário-da-terra-verdadeiro, que, apesar disso, não é considerada em risco de extinção. A expressiva aparição de cães domésticos, sobretudo em 2020, pode refletir o impacto da Lei Sansão nas denúncias e fiscalização de maus-tratos. A alta presença de espécies exóticas de peixes pode corroborar com o alerta de riscos ecológicos associados.

Embora as aves apresentem o maior número de indivíduos ameaçados, os répteis apresentam uma proporção relativa maior quando comparados dentro do grupo. Os achados de tatus predominante em carcaça, estão associados ao consumo, artesanato e fins medicinais atribuídos ao animal, e podem representar riscos de saúde pública por zoonoses. O maior número de serpentes entre os répteis pode representar o aumento da popularidade do animal como pet não convencional. Por fim, a apreensão de medicamentos pode ser associada ao número de ocorrências envolvendo rinhas de galo.

Diante do exposto, conclui-se, portanto, que os crimes contra fauna na região do Distrito Federal são multifacetados. Recomenda-se o fortalecimento de políticas públicas direcionadas à educação ambiental, combate de rinhas e acumulação de animais, assim como o monitoramento contínuo de espécies exóticas e ameaçadas, a fim de melhorar ações de conservação da biodiversidade.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à direção do Instituto de Criminalística da Polícia Civil do Distrito Federal por proporcionar as condições necessárias para que esse estudo acontecesse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] RENCTAS – Rede Nacional de Combate ao Tráfico de Animais Silvestres. 1º Relatório Nacional sobre o Tráfico de Fauna Silvestre. 2001

[2] RENCTAS – Rede Nacional de Combate ao Tráfico de Animais Silvestres. Principais Rotas Terrestres Utilizadas para o Tráfico de Animais Silvestres: Região Centro-Oeste.

[3] F. J. V. Costa *et al*. Espécies de Aves Traficadas no Brasil: Uma Meta-Análise com Ênfase nas Espécies Ameaçadas. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science* **7**: 324-346 (2018).

[4] G. F. G. Destro *et al*. Efforts to Combat Wild Animals Trafficking in Brazil. *Biodiversity* **20**: 421-435 (2012).

[5] L. F. Silveira *et al. Sicalis flaveola*. *Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio*. Retirado em 21/05/2026, de https://salve.icmbio.gov.br/

[6] BirdLife International. *Sicalis flaveola*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. Retirado em 21/05/2026, de https://www.iucnredlist.org/species/22723346/132162254

[7] N. M. S. Andrade *et al.* Impactos da Introdução de Fauna Exótica Invasora no Brasil: Foco nos vetores

de doenças e suas consequências para a saúde pública. *PhD Scientific Review* **5**:38-57 (2025).

[8] J. L. Attayde *et al.* Impactos da Introdução da Tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, sobre a Estrutura Trófica dos Ecossistemas Aquáticos do Bioma Caatinga. *Oecol. Bras.* **11**: 450-461 (2007).

[9] MMA – Ministério do Meio Ambiente; ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental do Planalto Central – Brasília. 2015

[10] J. M. Barbosa; E. C. Soares. Perfil da icitiofauna da bacia do Rio São Francisco: Estudo preliminar. *Rev. Bras. Enga. Pesca* **4**:155-170 (2009).

[11] S. C. S. da Luz; H. C. Lima; W. Severi. Composição da ictiofauna em abientes marginais e tributários do médio-submédio rio São Francisco. *Rev. Bras. Ciênc. Agrár.* **7**:358-366 (2012).

[12] I. M. Ferreira; P. F. Salla; S. M. Pacheco. Hunting, handling and consumption of tatu (mammalia: cingulata) and the risk of zoonoses. *Brazilian Journal of Development* **7:**71236-71241 (2021).

[13] T. O. Lima *et al.* Manejo reprodutivo de jiboias e outros boídeos criados em cativeiro. *Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Reprodução Animal*. 276-283 (2019).

[14] V. E. Dallabrida *et al.* Relato de caso: a Medicina Veterinária Forense na identificação de maus tratos em galos (*Gallus gallus domesticus*) utilizados com a finalidade de rinha. *Revista Brasileira de Criminalística* **12**: 47-53 (2023).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Danos a geoglifos e a atuação da Perícia Criminal Federal: análise de laudos periciais

J. M. A. Simões[a,*], R. Feres[a]

[a]*Polícia Federal. Superintendência Regional da Polícia Federal no Acre. Rio Branco (AC). Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: marinei.mas@pf.gov.br. Tel.: +55-68-992089945.*

Palavras-chave: Patrimônio arqueológico; Patrimônio cultural; Valoração econômica do dano; Crime contra o patrimônio histórico; Sensoriamento remoto

1. INTRODUÇÃO

Os geoglifos são desenhos de grandes dimensões escavados no solo, formados por valetas que delineiam figuras geométricas, como mostrado na Fig. 1. Atualmente, são reconhecidos como importantes vestígios da ocupação humana pré-colonial na Amazônia. Esses sítios arqueológicos representam uma paisagem única, resultado de marcas sociais e simbólicas deixadas por antigos povos indígenas, demonstrando domínio técnico sobre o ambiente e planejamento espacial sofisticado [1], [2].



Figura 1. Fotografias aéreas de geoglifos. (A) Dois geoglifos quadrados, sendo um maior e outro adjacente, menor; (B) Geoglifo quadrangular de maiores dimensões, com bordas arredondadas, contendo estrutura quadrangular menor em posição mais central; (C) Geoglifo de configuração circular; (D) Geoglifo com morfologia quadrangular com borda dupla. Fotografias: Diego Gurgel.

Os primeiros registros dessas estruturas no Brasil ocorreram em 1977, no âmbito do Programa Nacional de Pesquisas Arqueológicas na Bacia Amazônica (PRONAPABA). Contudo, foi a partir de 1986, após os sobrevoos realizados por Alceu Ranzi na região leste do Acre, próximos à BR-317, que os geoglifos ganharam maior visibilidade científica e pública. Descobertas intensificadas a partir dos anos 2000 revelaram centenas de novos sítios distribuídos no Acre, sul do Amazonas e Rondônia, indicando um fenômeno de ocupação humana de grande escala [1], [3].

Estudos recentes têm reforçado a relevância dos geoglifos do sudoeste da Amazônia, evidenciando ocupação humana antiga e tecnologicamente sofisticada desde o início do Holoceno. Escavações em áreas como Severino Calazans, no Acre, revelaram camadas culturais com mais de 7.000 anos sob alguns geoglifos, associadas a práticas complexas de manejo, como queimadas controladas de baixa intensidade, cultivo de espécies para subsistência e modificações do solo [4]. Também são relatados geoglifos com características cerimoniais, com características de cosmologia compartilhada e organização social complexa, além de habilidade em medir distâncias em linha reta com precisão, bem como, características de uma possível interface entre dois povos predominantes que podem ter coexistido [5].

Grande parte desses sítios permaneceu oculta sob a cobertura florestal por séculos, sendo revelada principalmente a partir do avanço do desmatamento [1]. Paradoxalmente, o mesmo processo que possibilitou sua identificação tem contribuído para sua destruição, seja pela abertura de estradas, expansão agropecuária ou outras formas de uso econômico do solo [3].

Atualmente, com uso de LiDAR (Light Detection and Ranging), pesquisadores indicam um número que ultrapassaria em 10.000 a quantidade de geoglifos ainda desconhecidos sob o dossel da Floresta Amazônica, com maior concentração prevista no sudoeste da bacia. Além disso, diferentes espécies de árvores domesticadas apresentam associação significativa com a ocorrência dessas estruturas, confirmando práticas históricas de manejo da paisagem. Esses resultados indicam modificações antrópicas intensivas sem desmatamento extensivo [6].

Apesar de sua relevância científica e cultural, os geoglifos encontram-se sob forte pressão antrópica. Há registros de estruturas parcialmente ou totalmente destruídas antes mesmo de serem adequadamente estudadas, o que evidencia a fragilidade desse patrimônio frente às dinâmicas econômicas contemporâneas [3].

Do ponto de vista jurídico, os geoglifos são bens arqueológicos protegidos pela Lei nº 3.924/1961, que estabelece sua tutela pelo Poder Público e proíbe sua destruição ou exploração econômica sem pesquisa prévia autorizada. Contudo, persistem desafios relacionados à aplicação da legislação, à burocracia institucional e à limitada atuação estatal na fiscalização efetiva.

Nesse contexto, a crescente incidência de intervenções destrutivas sobre geoglifos no Brasil tem demandado a atuação da Perícia Criminal Federal, responsável pela identificação, caracterização técnica e análise dos danos causados a esses bens culturais protegidos.

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo analisar, de forma cronológica, qualitativa e quantitativa, os laudos periciais elaborados em casos envolvendo geoglifos na Polícia Federal. Busca-se compreender a evolução das abordagens periciais, a tipologia dos danos identificados e as respostas institucionais às ameaças sofridas por esses sítios, contribuindo para o fortalecimento de ações destinadas a sua preservação e a responsabilização dos infratores.

2. METODOLOGIA

Trata-se de estudo documental, de caráter retrospectivo e descritivo, realizado a partir de levantamento de laudos periciais registrados no Sistema Nacional de Gestão de Atividades de Criminalística da Polícia Federal (SISCRIM).

Foi realizada busca textual na base de dados do sistema utilizando o termo “geoglifo”, sem delimitação de período temporal. Foram incluídos na análise todos os laudos que apresentaram menção expressa à existência, identificação ou possível ocorrência de geoglifos na área examinada.

Os documentos selecionados foram submetidos à análise comparativa considerando-se seis variáveis principais: (i) o ano de elaboração do laudo; (ii) a natureza da ocorrência e a tipologia do dano constatado; (iii) a quesitação apresentada pelo requisitante; (iv) as metodologias e ferramentas empregadas na realização dos exames; (v) a existência, ou não, de valoração do dano ao patrimônio histórico; e (vi) a identificação do sítio arqueológico afetado.

Os dados obtidos foram organizados em planilha estruturada para sistematização das informações e análise comparativa ao longo de todo o período.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa permitiu identificar 17 laudos periciais relacionados à temática em estudo. Desses, seis corresponderam a solicitações voltadas à apuração de danos ambientais, nas quais foram incidentalmente identificados geoglifos nas áreas objeto de exame, enquanto 11 laudos tiveram como finalidade principal a investigação de crimes contra o patrimônio histórico, com foco direto nos sítios arqueológicos do tipo geoglifo.

3.1. Laudos requisitados para apurar dano ambiental

A análise conjunta dos seis laudos periciais ambientais evidenciou um padrão recorrente de ocupação e uso do solo predominantemente no sul do estado do Amazonas, abrangendo cinco ocorrências localizadas principalmente nos municípios de Boca do Acre e Lábrea. O sexto laudo refere-se a uma ocorrência no estado do Acre, no interior da Reserva Extrativista (RESEX) Chico Mendes, Unidade de Conservação de Uso Sustentável.

Em todos os casos, os danos ambientais tiveram como elemento central a supressão da vegetação nativa do bioma Amazônico, predominantemente Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, seguida do uso sistemático do fogo e da posterior conversão das áreas em pastagens destinadas à criação de gado bovino.

Um aspecto comum identificado nesses laudos foi a implantação e a consolidação de pastagens sobre áreas anteriormente florestadas, com a presença de currais, cercas, barragens e outras estruturas associadas à atividade pecuária. A análise temporal baseada em imagens de satélite demonstrou que a maior parte dos desmatamentos ocorreu de forma progressiva, acompanhada por episódios recorrentes de queimadas em anos subsequentes, contribuindo para a consolidação do uso agropecuário e dificultando a regeneração natural da vegetação.

No laudo referente ao estado do Acre, o exame pericial foi motivado pela construção irregular de uma barragem no interior da RESEX Chico Mendes. No decorrer da apuração, foi identificado um geoglifo não catalogado pelo IPHAN, situado em área igualmente utilizada para a criação de gado bovino, configurando um achado arqueológico de elevada relevância técnico-pericial. A Tabela 1 apresenta um quadro comparativo sintético dos laudos ambientais que resultaram na identificação de geoglifos.

Ano	Síntese dos laudos periciais que identificaram geoglifos			
	Laudo	N° de geoglifos	Localização	Município
2016	544/2016*	Dois	Fazenda Lorrana	Lábrea-AM
2016	584/2016*	Um	Fazenda Santa Eleonora	Lábrea-AM
2016	893/2016*	Três	Gleba Santa Rita	Boca do Acre-AM
2016	922/2016*	Um	Fazenda Pit Bull	Boca do Acre-AM
2016	960/2016*	Um	Fazenda Pit Bull	Boca do Acre-AM
2025	172/2025**	Um	RESEX Chico Mendes	Xapuri-AC

Tabela 1. Síntese dos laudos periciais envolvendo outros exames e que foram identificados geoglifos.* INC/DITEC/DPF ** SETEC/SR/PF/AC

Durante os exames periciais, os geoglifos identificados encontravam-se parcial ou totalmente sobrepostas por áreas de pastagem, evidenciando a inexistência de medidas de proteção ou salvaguarda do patrimônio arqueológico. Tal circunstância configura não apenas dano ambiental, mas também dano ao patrimônio histórico e arqueológico da União, ampliando o escopo jurídico e pericial da análise.

Sob a perspectiva pericial, os resultados demonstram que a pecuária extensiva constituiu o principal vetor de degradação do patrimônio histórico-cultural nos seis casos analisados e que a identificação de geoglifos não catalogados reforça a necessidade de integração entre a Perícia Criminal Federal e os órgãos responsáveis pela tutela do patrimônio arqueológico, especialmente em regiões de expansão da fronteira agrícola amazônica. A detecção desses sítios no contexto de perícias ambientais evidencia o potencial da atuação pericial como instrumento de proteção não apenas ambiental, mas também arqueológica e cultural, contribuindo para a produção de prova técnica qualificada em investigações que envolvem crimes complexos e múltiplos bens jurídicos tutelados.

3.2 Laudos requisitados para apurar dano em geoglifos

A análise dos laudos periciais relacionados a sítios arqueológicos do tipo geoglifo permite identificar, de forma integrada, tanto a intensificação dos impactos antrópicos ao longo do tempo quanto o amadurecimento técnico-científico da atuação da Perícia Criminal na caracterização, quantificação e valoração do dano ao patrimônio arqueológico. Foram examinados 11 laudos elaborados entre os anos de 2011 e 2024, abrangendo 11 sítios arqueológicos distintos, distribuídos principalmente na região leste do estado do Acre, em áreas de crescente antropização vinculadas à expansão agropecuária e à implantação de infraestrutura viária. A síntese cronológica desses laudos, com destaque para o ano de elaboração, presença ou ausência de análise temporal e de quesitação quanto a valoração econômica do dano, identificação do geoglifo e uso da área do sítio arqueológico, encontra-se apresentada na Tabela 2.

Do ponto de vista histórico, observa-se que as primeiras solicitações desse tipo específico de laudo ocorreram a partir de 2010, quando a equipe da Profa. Dra. Denise Pahl Schaan (*in memoriam*), da Universidade Federal do Pará, comunicou ao Ministério Público Federal a ocorrência de possível dano ao conjunto de geoglifos denominado "Geoglifo Fazenda Atlântica". Esse marco inicial evidencia o papel da comunidade acadêmica frente aos órgãos de persecução penal na ativação da atuação pericial sobre bens arqueológicos ainda pouco conhecidos fora do meio científico.

Os primeiros laudos da série, elaborados entre 2011 e 2012, apresentam caráter eminentemente descritivo. Nessa fase inicial, a metodologia pericial baseou-se predominantemente em vistorias *in loco*, registros fotográficos e análises pontuais de imagens de satélite disponíveis à época, com resolução temporal e espacial limitada. As quesitações formuladas concentravam-se, em geral, na verificação da existência de danos aparentes e na identificação de usos antrópicos, como atividades agropecuárias, cercamentos, queimadas e processos erosivos sobre as valetas e muretas que compõem os geoglifos. Assim, o objetivo central da perícia era responder se havia ou não dano visível ao sítio arqueológico, sem análise temporal ou de quantificação espacial do dano.

A partir de 2012, observa-se um avanço na ampliação do escopo das quesitações. O laudo desse período evidencia a preocupação em estabelecer relações

causais entre grandes obras de infraestrutura, como a construção da rodovia BR-317, e os danos aos geoglifos. Entretanto, limitações tecnológicas — principalmente a indisponibilidade de imagens de alta resolução anteriores aos eventos analisados — impuseram restrições às conclusões sobre a continuidade geométrica original das estruturas e sobre a efetiva responsabilização histórica por determinados impactos.

Em 2015, os laudos passam a incorporar análises mais refinadas da extensão espacial dos danos, com estimativas métricas de áreas impactadas, ainda que sem a atribuição de valor pecuniário ao prejuízo causado. Nota-se, nesse momento, uma transição da simples constatação do dano para a quantificação da interferência, especialmente em casos envolvendo a abertura de estradas vicinais e a movimentação de solo em áreas próximas ou sobrepostas aos sítios arqueológicos.

O salto qualitativo mais expressivo, entretanto, ocorre a partir de 2021. Os laudos mais recentes incorporam técnicas de sensoriamento remoto, com análises temporais e imageamento aéreo realizados com aeronaves remotamente pilotadas (ARP). A produção de ortofotomosaicos e modelos digitais de elevação do terreno, com resolução centimétrica, permitiu identificar com precisão a supressão do relevo original dos geoglifos, em muitos casos já completamente imperceptível a nível de campo. Esses recursos técnicos viabilizaram, ainda, a datação aproximada das intervenções danosas, por meio da comparação de séries temporais de imagens orbitais, constituindo um avanço substancial na robustez probatória dos laudos.

A análise cronológica dos laudos também evidencia uma mudança significativa nas principais tipologias de dano observadas ao longo do tempo. Nos laudos mais antigos, entre 2011 e 2012, os impactos predominantes estavam associados à implantação e ao uso de infraestrutura viária, notadamente a rodovia BR-317, bem como a atividades agropecuárias extensivas, caracterizadas por cercamentos, pastoreio de gado, formação de bebedouros e erosão progressiva das muretas e valetas.

Tabela 2. Síntese cronológica dos laudos periciais envolvendo análise de geoglifos.

Ano	Síntese cronológica dos laudos periciais				
	Número do Laudo	Análise temporal	Quesitos com valor do dano	Identificação do geoglifo	Uso do solo
2011	546/2011	Ausente	Ausente	Fazenda Atlântica	Pastagem
2011	567/2011	Ausente	Ausente	Baixa Verde (I, II e III) e Alto Alegre	Rodovia/Pastagem
2012	270/2012	Ausente	Ausente	Baixa Verde (I, II e III) e Alto Alegre	Rodovia/Pastagem
2015	126/2015	Ausente	Ausente	Baixa Verde II	Pastagem
2021	005/2021	Presente	Presente	Fazenda Crichá	Plantio de milho
2022	054/2022	Presente	Ausente	Retângulo Duplo e Círculo	Plantio de café
2022	559/2022	Presente	Ausente	Ramal do Capatará	Plantio agrícola
2022	821/2022	Presente	Presente	Retângulo Duplo e Círculo	Plantio de café
2023	051/2023	Presente	Presente	Ramal do Capatará	Plantio de soja
2024	062/2024	Presente	Presente	Fazenda Nictheroy I e II	Plantio de milho
2024	231/2024	Presente	Presente	Prohevea	Cana-de-açúcar

Entre 2012 e 2015, os danos mais recorrentes relacionam-se à deformação geométrica gradual provocada pelo pisoteio do gado, pela abertura de ramais e pelo manejo inadequado do solo em áreas de pastagem. Embora relevantes do ponto de vista arqueológico, tais impactos ainda preservavam, em parte dos casos, a morfologia das estruturas, permitindo sua identificação visual e cartográfica.

Em contraste, os laudos elaborados entre 2021 e 2024 revelam um agravamento substancial da intensidade e da irreversibilidade dos danos. Nesse período, passam a predominar intervenções diretas de caráter agrícola mecanizado, como o aterramento das valetas e muretas para fins de cultivo de cana-de-açúcar, milho, café e soja, bem como a construção de açudes sobre os sítios arqueológicos. Em alguns casos, as estruturas originais foram totalmente suprimidas, restando apenas vestígios perceptíveis por diferenças de tonalidade ou textura do solo em imagens aéreas de altíssima resolução.

Diante desse cenário, os peritos passam a classificar expressamente muitos desses danos como irreversíveis, reconhecendo a impossibilidade de recomposição plena das características morfológicas e contextuais que definem os geoglifos enquanto bens arqueológicos singulares.

Outro aspecto relevante evidenciado pelos resultados refere-se à incorporação da valoração econômica do dano arqueológico. A partir de 2021 os laudos passam a apresentar estimativas monetárias dos prejuízos causados, fundamentadas em normas técnicas de avaliação de bens, como a ABNT NBR 14.653, e em metodologias como o custo de oportunidade e a capitalização da renda agrícola. Essa abordagem representa um avanço para a perícia criminal, o sistema de justiça e os instrumentos de responsabilização civil.

Todavia, os próprios laudos destacam, de forma recorrente, que os valores estimados não correspondem à recomposição do bem arqueológico em si, frequentemente tido como impossível, mas constituem um meio de mensurar economicamente a perda e subsidiar a responsabilização dos agentes causadores do dano. Essa distinção é fundamental do ponto de vista conceitual, pois evidencia a assimetria entre a dimensão econômica mensurável e o valor histórico-cultural intrínseco dos sítios arqueológicos.

Paralelamente, observa-se nos laudos mais recentes a incorporação de análises fundiárias, com consultas ao Cadastro Ambiental Rural (CAR) e ao Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF). Essa integração de dados contribui para a correta vinculação entre o dano constatado e os responsáveis pela ocupação e uso da terra, fortalecendo o nexo entre a evidência material do dano e a autoria para responsabilização administrativa, civil e penal.

Destaca-se que os 11 laudos analisados abrangem 11 sítios arqueológicos do Acre, sendo eles: Geoglifo Fazenda Atlântica, Baixa Verde I, II e III, Alto Alegre, Fazenda Crichá, Retângulo Duplo e Círculo, Ramal do Capatará, Fazenda Nictheroy I e II e Prohevea. Em vários desses casos, a integridade dos sítios já se encontrava severamente comprometida, com estimativas inferiores a 25% de preservação no momento dos exames, evidenciando um quadro de perda do patrimônio arqueológico.

Por fim, os resultados demonstram que, enquanto os impactos antrópicos sobre os geoglifos se intensificaram e se tornaram mais destrutivos ao longo dos anos, a atuação da Perícia Criminal evoluiu incorporando ferramentas cada vez mais sofisticadas para a caracterização, quantificação, datação e valoração do dano arqueológico. Esse contraste evidencia um cenário de corrida entre a degradação do patrimônio arqueológico e o aprimoramento das capacidades técnico-científicas de sua proteção.

Os achados reforçam a importância da perícia não apenas como instrumento de responsabilização, mas também como subsídio técnico essencial à formulação de políticas públicas de prevenção, monitoramento e proteção do patrimônio arqueológico da União, especialmente em regiões submetidas à expansão das fronteiras agrícolas.

4. CONCLUSÕES

Os resultados indicam que os geoglifos amazônicos têm sido progressivamente impactados por ações antrópicas de crescente intensidade, frequentemente associadas à expansão agropecuária e à implantação de infraestrutura, resultando em danos que variam de processos graduais de descaracterização até a supressão total das estruturas arqueológicas.

Observa-se, em contrapartida, uma evolução significativa da atuação da Perícia Criminal Federal, com a incorporação de técnicas de sensoriamento remoto, análises temporais e valoração econômica do dano arqueológico, ampliando a capacidade de caracterização e quantificação dos impactos. A atuação pericial mostra-se estratégica na proteção do patrimônio arqueológico da União, ao subsidiar a responsabilização jurídica dos infratores e apoiar ações institucionais de fiscalização e preservação.

AGRADECIMENTOS

Ao artista, fotógrafo e amigo Diego Gurgel, que participou de uma das primeiras expedições de sobrevoos em busca de geoglifos no Acre, pelo apoio e pela cessão das fotografias utilizadas neste trabalho.

Ao Perito Criminal Federal Adimar Amaral, um dos pioneiros na elaboração de laudo pericial relacionado a danos em geoglifos no Brasil, pela revisão deste trabalho.

À Associação Nacional dos Peritos Criminais Federais (APCF), pelo apoio institucional concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] D.P. Schaan; A. Ranzi; A.D. Barbosa (Orgs.). *Geoglifos: paisagens da Amazônia Ocidental,* Gknoronha, Brasil (2010) 9-19.

[2] A. Ranzi. *Geoglifos do Acre: passado profundo,* Ofício, Brasil (2021) 11-50.

[3] D.P. da Silva; J.R. Santi. Verificação dos impactos nos geoglifos em Porto Velho, RO. Caderno 4 Campos – PPGA/UFPA, n. I (2020).

[4] M. Pärssinen; W. Balée; A. Ranzi; A. Barbosa. The geoglyph sites of Acre, Brazil: 10 000-year-old land-use practices and climate change in Amazonia. *Antiquity* **94**: 1538–1556 (2020).

[5] R. Kalliola; M. Pärssinen; A. Ranzi; I. Seppä; A.D. Barbosa. Geography of ancient geometric earthworks and their builders in southwestern Amazonia. *Acta Amazon.* **54**: 1-21 (2024).

[6] V. Peripato et al. More than 10,000 pre-Columbian earthworks are still hidden throughout Amazonia. *Science* **382**: 103–109 (2023).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Desmatamento e Valoração Ambiental: Contribuições Metodológicas à Perícia Criminal no Âmbito da Mata Atlântica em Pé 2025

T. C. Antunes[a,*], R. C. Vieira[b]

[a]*Instituto-Geral de Perícias, Departamento de Criminalística, Divisão de Engenharia Legal, Seção de Perícias Ambientais, Porto Alegres (RS), Brasil*

[b]*Instituto-Geral de Perícias, Departamento de Criminalística, Divisão de Engenharia Legal, Seção de Perícias Ambientais, Porto Alegres (RS), Brasil*

**Endereço de e-mail para correspondência: themis-antunes@igp.rs.gov.br Tel.: +55-51-99141-4973.*

Palavras-chave: desmatamento; valoração ambiental; Mata Atlântica; dano climático; estoque de carbono. Sensoriamento remoto

1. INTRODUÇÃO

O dano ambiental caracteriza-se como uma alteração capaz de provocar desequilíbrio nas funções ecológicas e nos elementos que integram o ecossistema, tais como solo, água, vegetação, fauna e o conjunto das interações ecológicas deles decorrentes. A formulação de um conceito abrangente de dano ambiental decorre do próprio conceito jurídico de meio ambiente previsto no art. 3º, inciso I, da Lei nº 6.938/81, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente, segundo o qual o meio ambiente consiste no "conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas".

A Constituição Federal de 1988 reconhece o meio ambiente como bem jurídico essencial à coletividade, atribuindo ao Estado, à sociedade e aos instrumentos jurídicos a responsabilidade por sua proteção. Tal entendimento fundamenta-se na premissa de que "proteger o meio ambiente, em última análise, significa proteger a própria preservação da espécie humana" [1]. Diante da necessidade de proteção ambiental, a valoração econômica dos danos materiais passou a integrar o sistema de reparação dos danos ambientais, constituindo elemento indispensável da responsabilidade civil prevista no art. 225, caput e §3º, da Constituição Federal, bem como no art. 14, §1º, da Lei nº 6.938/81. Na esfera penal, a Lei nº 9.605/98 (Lei de Crimes Ambientais) também exige a quantificação econômica do dano para fins de fixação de multas, arbitramento de fiança e definição do valor mínimo destinado à reparação do dano causado ao meio ambiente ou à coletividade lesada. Dessa forma, a atuação pericial tornou-se imprescindível para a comprovação da materialidade dos delitos ambientais.

No contexto brasileiro, observa-se um crescimento expressivo das demandas judiciais voltadas à responsabilização de agentes causadores de desmatamento ilegal e de outros danos ao ecossistema. Entretanto, embora o princípio da reparação integral imponha a obrigação de recompor integralmente os danos ambientais, ainda não há consenso metodológico consolidado acerca dos critérios de valoração econômica desses danos [2].

Ao utilizar a valoração ambiental como ferramenta de auxílio na execução de perícias criminais ambientais, é possível avaliar os prejuízos causados ao meio ambiente e à sociedade, de modo a subsidiar a tomada de decisão em relação às sanções a serem aplicadas aos responsáveis pelos danos. Além disso, essa ferramenta pode ser útil para estabelecer critérios de reparação dos danos causados, determinando valores a serem pagos como forma de compensação pelos danos ambientais.

A avaliação de impactos ambientais dispõe de diferentes métodos aplicáveis à identificação e mensuração dos danos ambientais. Cada metodologia apresenta vantagens e limitações, variando conforme

as características do local, do empreendimento e dos objetivos do estudo, razão pela qual se faz necessária análise crítica para definição do método mais adequado a cada caso concreto.

Entre os principais problemas ambientais enfrentados pelo Brasil, destaca-se o desmatamento, especialmente em biomas de elevada relevância ecológica, como a Mata Atlântica. A supressão da vegetação nativa libera volumes expressivos de carbono estocado na biomassa e nos solos, constituindo a principal fonte de emissões brutas nacionais [3]. A elevação na concentração de dióxido de carbono (CO^2) intensifica o aquecimento global, alterando padrões climáticos, agravando eventos extremos (secas, inundações e ondas de calor) e reduzindo a capacidade das florestas de sequestrar carbono, criando um ciclo vicioso que acelera as mudanças climáticas. Segundo os dados globais mais recentes, o Brasil ocupa a sexta posição dentre os maiores poluidores climáticos, com 3% das emissões do total global, ficando atrás apenas de China, EUA, Índia, Rússia e Indonésia [3]. Portanto, combater o desmatamento é combater a emergência climática. Nesse cenário, ganham centralidade os esforços preventivos e repressivos em prol da preservação das florestas e demais formas de vegetação nativa, o que inclui as medidas de responsabilização pelos danos produzidos ao sistema climático em casos de desmatamento. Nesse contexto, a Operação Mata Atlântica em Pé constitui iniciativa de abrangência nacional, realizada simultaneamente em diversos estados brasileiros, com o objetivo de combater o desmatamento ilegal e estimular a recuperação de áreas degradadas desse bioma, cuja preservação é fundamental para a manutenção da biodiversidade, do equilíbrio ecológico e da regulação climática.

No âmbito da perícia criminal ambiental, persistem dificuldades significativas relacionadas à quantificação dos danos, particularmente em situações de supressão de vegetação nativa. A valoração ambiental não deve se restringir aos custos diretos de recomposição da cobertura vegetal, devendo abranger também a perda de serviços ecossistêmicos, como regulação hídrica, sequestro de carbono e conservação da biodiversidade. Além disso, devem ser considerados aspectos como o estágio sucessional da vegetação, a ocorrência de espécies ameaçadas, o contexto paisagístico da área afetada e a incidência de restrições legais, como Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Unidades de Conservação (Ucs).

Apesar da relevância desses critérios, os métodos tradicionalmente utilizados para quantificação dos danos ambientais mostram-se, muitas vezes, excessivamente complexos e de difícil aplicação pelos órgãos oficiais de perícia, especialmente em razão de limitações estruturais, operacionais e temporais enfrentadas pela administração pública.

Diante desse contexto, o presente trabalho tem por objetivo analisar duas metodologias aplicadas à valoração do bem ambiental, utilizando dados de desmatamento obtidos durante a oitava edição da Operação Mata Atlântica em Pé 2025. A Operação Nacional Mata Atlântica em Pé prevê contínuo planejamento, instrumentalização, articulação e integração com os 17 Ministério Público Estaduais abrangidos pelo bioma Mata Atlântica, e se desenvolve, inicialmente, por meio da identificação das áreas ilegalmente desmatadas, proprietários e eventuais licenças ambientais obtidas, especialmente por meio do sistema MapBiomas Alerta.

No âmbito dessa ação, o Instituto-Geral de Perícias do Rio Grande do Sul (IGP/RS), por meio da Seção de Perícias Ambientais, participou das atividades coordenadas pelo Centro de Apoio Operacional de Defesa do Meio Ambiente (CAOMA) do Ministério Público Estadual. A operação no âmbito do Estado do Rio Grande do Sul ocorreu entre os dias 15 e 26 de setembro de 2025 e contou com a atuação integrada de diferentes órgãos de fiscalização e proteção ambiental, com o objetivo de intensificar o enfrentamento aos crimes ambientais relacionados à supressão ilegal de vegetação nativa no bioma Mata Atlântica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este artigo apresenta a análise parcial dos dados de desmatamento obtidos na Operação Mata Atlântica em Pé 2025 no âmbito do estado do Rio Grande do Sul. Durante a operação foram fiscalizados 53 alertas de desmatamento no Rio Grande do Sul todos identificados pela plataforma MapBiomas Alerta. As ações abrangeram 35 municípios, dentre eles: Picada Café, Boqueirão do Leão, Paraíso do Sul, São Marcos, Taquari, Sinimbu, Barros Cassal, Feliz, Venâncio Aires, Sentinela do Sul, Cerro Grande do Sul, São Martinho da Serra, São Domingos do Sul, Relvado, Anta Gorda, União da Serra, Serafina Corrêa, Caxias do Sul, Antônio Prado, Paraí, Farroupilha, São Francisco de Paula, Nonoai, Tenente Portela e Barra do Guarita. Os dados aqui apresentados correspondem à valoração do dano ambiental de 23 dos referidos alertas realizada por duas metodologias: a proposta por Vieira [4], direcionada especificamente para perícia criminal ambiental; e a plataforma da Calculadora de Carbono Climática (CCAL), no Módulo adicional – Dano climático,

desenvolvida pelo Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) [2]. Ressalta-se que os dados deste artigo são parciais e que os resultados finais serão apresentados no pôster.

2.1. Metodologia proposta por Vieira

O método proposto por VIEIRA [4] consiste em uma adaptação do método do custo de reposição (MCR) para casos de supressão de vegetação em ecossistemas florestais. Para tanto, foram desenvolvidos fatores de correção, embasados na análise dos serviços ambientais afetados pelo dano, o fator relacionado ao estágio de sucessão da vegetação degradada; o fator relacionado aos tipos de uso e ocupação dos solos predominantes no entorno da área degradada; e o fator relacionado aos mecanismos de proteção legal incidentes na área degradada.

Os valores dos fatores de correção foram definidos mediante consulta e aplicação de questionário a diversos profissionais e especialistas em meio ambiente, preferencialmente com experiência em perícia, vistoria e fiscalização ambiental. Foram ouvidos profissionais de várias regiões do país, distribuídos em três segmentos: peritos criminais oficiais; pesquisadores de órgãos e instituições de ensino e pesquisa; e servidores públicos de órgãos de fiscalização ambiental.

Para a aplicação desta metodologia no presente trabalho as áreas de desmatamento foram calculadas através do uso do *Software QGIS* com base em exames periciais *in loco* (diretos) e indiretos relativos a Operação Mata Atlântica em Pé 2025, Rio Grande do Sul. Ainda, para a valoração do dano ambiental foi utilizado o valor de referência de reposição florestal atualizado para o ano de 2025, pela Seção de Perícias Ambientais do IGP-RS, em R$ 45.933,66 por hectare.

2.2. Calculadora de Carbono Climática (CCAL)

A CCAL calcula, de forma rápida e simples, a partir da identificação do polígono desmatado, a quantidade de carbono estocado na área. Com tal dado, é possível estimar o volume de CO^2 liberado na atmosfera pela supressão da vegetação nativa em um determinado bioma, quantificando, assim, o dano climático. Por fim, são apresentadas as alternativas existentes para a precificação do carbono a fim de que as emissões identificadas possam ser convertidas em valores indenizáveis.

A plataforma *online* permite estimar a quantidade de carbono estocada na vegetação nativa e embasar os posteriores cálculos do CO^2 lançado na atmosfera em decorrência do seu desmatamento. O cálculo é feito a partir dos valores do estoque médio de carbono contido na vegetação nativa.

Dentro do módulo "Dano Climático", é possível estimar a emissão de CO^2 decorrente de desmatamento em áreas específicas e fazer a precificação do dano climático causado, gerando um relatório com detalhes metodológicos e os resultados das análises. Os resultados apresentados no

Relatório se referem ao estoque de carbono na cobertura da vegetação nativa da área pré-determinada, densidade média de carbono na vegetação nativa, emissões de CO^2 equivalente por desmatamento, e preço do dano climático causado pelo desmatamento. É possível determinar um ano de referência, que deve corresponder àquele em que ocorreu o desmatamento que está sendo analisado. Como a plataforma utiliza dados de estoque de carbono pretérito, a especificação do ano servirá apenas para fins descritivos no relatório. No âmbito do referido cálculo, entende-se adequado e seguro que se utilize, no mínimo, o valor de US$5,00/ tCO^2 definido pelo Fundo Amazônia para a cobrança das medidas de responsabilização pelo dano climático relacionado ao desmatamento de vegetação nativa.

Para o presente trabalho foram utilizados os polígonos no formato .kml gerados no Software Qgis com base em exames periciais in loco (diretos) e indiretos relativos a Operação Mata Atlântica em Pé 2025, Rio Grande do Sul. A conversão em real (R$) do valor em dólar definido pelo Fundo Amazônia foi baseada na cotação do dólar comercial do fechamento do Banco Central do Brasil no dia 27/05/2026 foi de R$ 5,057 (conversão Real BRL/Dólar dos Estados Unidos USD).

3. RESULTADOS

Na análise da valoração proposta por Vieira observou-se que a soma das áreas dos 23 alertas avaliados é de aproximadamente 88,81 ha, com valoração total dos danos ambientais em cerca de R$ 20.199.000,00, resultando em um valor médio aproximado de R$ 227.500 por hectare. Observa-se que o valor unitário por hectare é essencialmente constante entre os alertas (≈ R$ 220.243/ha), o que indica a aplicação uniforme de um fator de valoração por área. Essa homogeneidade sugere coerência metodológica, Tab.1.

Avaliando os dados obtidos através da plataforma da CCAL, no Módulo adicional – Dano climático, a soma das áreas dos 23 alertas é de 114,73 ha, com valoração total de R$ 1.017.681,56, resultando em um valor médio aproximado de R$ 8.873 por hectare. Observa-se grande heterogeneidade nos valores por hectare: a maioria situa-se entre cerca de R$ 7.000

e R$ 14.000/ha, porém existem valores atípicos com valores muito baixos (por exemplo, Alertas 1380363 e 1311632, com aproximadamente R$ 472 e R$ 925/ha, respectivamente), Tab.1.

A Tabela 1, apresenta os valores de danos ambientais dos alertas obtidos através das metodologias proposta por Viera e a plataforma da Calculadora de Carbono Climática (CCAL), no Módulo adicional – Dano climático.

Tabela 1. Valoração do dano ambiental dos Alertas de acordo com as metodologias Viera e CCAL.

Alerta	Vieira		CCAL	
	Área (ha)	Valor (R$)	Área (ha)	Valor (R$)
83240	1,59	R$ 350.185,91	3,41	R$ 24.791,79
249515	8,13	R$ 1.790.573,26	17,92	R$ 128.835,04
426412	1,14	R$ 251.076,69	1,69	R$ 12.783,75
1379475	1,37	R$ 301.732,52	1,52	R$ 13.433,22
1378235	1,6	R$ 352.388,34	1,35	R$ 10.435,58
1379025	3,15	R$ 693.764,55	3,29	R$ 21.099,31
1379359	1,87	R$ 487.201,80	2	R$ 24.992,82
1369779	2,52	R$ 656.550,01	1,93	R$ 12.162,42
1246284	1,12	R$ 246.671,84	0,88	R$ 9.421,58
1246477	6,65	R$ 1.464.614,04	5,82	R$ 54.468,02
1380363	1	R$ 220.242,71	0,97	R$ 471,76
1379326	5,8	R$ 1.277.407,74	7,6	R$ 91.933,80
1368947	1,7	R$ 374.412,61	1,57	R$ 8.294,01
1366407	2	R$ 440.485,43	2,12	R$ 14.085,47
1354942	18	R$ 3.964.368,83	17,69	R$ 115.334,90
1367112	8	R$ 1.761.941,70	7,92	R$ 61.712,55
1311632	1,9	R$ 418.461,15	1,91	R$ 924,77
1338494	2,86	R$ 629.894,16	6,85	R$ 90.591,52
1366665	0,28	R$ 61.667,96	6,9	R$ 59.499,24
1376783	9,08	R$ 2.365.664,33	12,85	R$ 177.815,04
1377284	4,44	R$ 1.076.330,58	4,44	R$ 58.005,11
583175	3,8	R$ 836.922,31	3,25	R$ 21.310,22
626435	0,81	R$ 178.396,60	0,85	R$ 5.279,64

Os resultados evidenciam uma desproporção entre as metodologias analisadas, tanto em termos de magnitude dos valores quanto da área total considerada. Enquanto a valoração pelo método de Vieira apresentou montante aproximado de R$ 20,2 milhões para cerca de 88,81 ha, a aplicação da CCAL resultou em aproximadamente R$ 1,0 milhão para 114,73 ha, indicando diferença de ordem de grandeza entre os resultados obtidos. Tal divergência sugere que os métodos capturam dimensões distintas do dano ambiental, sendo o primeiro mais abrangente, ao incorporar fatores ecológicos e jurídicos, e o segundo restrito ao componente climático. Além disso, a diferença nas áreas consideradas aponta para variações operacionais na delimitação dos polígonos analisados. Ressalta-se, ainda, que parte dos dados empregados na aplicação do método de Vieira foi obtida a partir de exames periciais in loco, enquanto os dados de área utilizados na CCAL foram integralmente estimados por meio de análise remota, o que constitui fator adicional de distinção metodológica.

Em relação ao comportamento dos valores unitários, observa-se que o método de Vieira apresenta elevada homogeneidade, com valores praticamente constantes por hectare, refletindo aplicação uniforme de fatores de valoração. Em contraste, a CCAL de-

monstrou significativa heterogeneidade, com ampla variação nos valores por hectare e presença de outliers com valores extremamente baixos em determinados alertas. Essa variabilidade indica maior sensibilidade da CCAL às características biofísicas específicas das áreas avaliadas, ao passo que sua dispersão pode comprometer a consistência dos resultados em contexto pericial, especialmente sob análise comparativa ou judicial.

4. CONCLUSÕES

Qs resultados evidenciam que as metodologias adotadas apresentam comportamentos distintos quanto à sensibilidade às características ambientais e à magnitude dos valores estimados. Enquanto o método de Vieira oferece maior uniformidade e robustez para fins periciais, a CCAL destaca-se pela praticidade operacional e pela capacidade de mensurar o dano climático. Dessa forma, a utilização combinada das abordagens configura estratégia metodológica adequada para subsidiar a valoração integral do dano ambiental na esfera criminala.

AGRADECIMENTOS

Manifesto meus agradecimentos aos colegas Peritos Criminais da Seção de Perícias Ambientais que se dispuseram a colaborar com o trabalho, em especial menção às colegas Renata Cardoso Vieira e Jamilla Alves Trindade Sampaio, pela troca de ideias e conhecimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] C.A.P. Fiorillo; M.A. Abelha. Manual de Direito Ambiental e Legislação Aplicável, Max Limonad, Brasil (1999).

[2] Associação Brasileira dos Membros do Ministério Público de Meio Ambiente (ABRAMPA); Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM). Nota Técnica: sobre a exigibilidade e a quantificação do dano climático no âmbito da responsabilidade civil por desmatamento ilegal da vegetação nativa. ABRAMPA/IPAM, Brasil (São Paulo) (2024).

[3] D. Tsai et al. Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil – 1970-2020. Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (2023). Retirado em 28/05/2026, de https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2024/02/SEEG11-RELATORIO-ANALITICO.pdf.

[4] J.P.P. Vieira. Valoração de danos ambientais em ecossistemas florestais: adaptação do método do custo de reposição com vistas à sua aplicação na perícia criminal ambiental. Dissertação de Mestrado, Pós-graduação em Perícias Criminais Ambientais, Universidade Federal de Santa Catarina (2013).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

A linha tênue entre a fatalidade e o crime: análise pericial de dois casos de asfixia em cães

A. A. X. Soares[a,*], G. P. Rojas[a]

[a]*Núcleo Regional de Polícia Científica de Parnaíba-PI, Departamento de Polícia Científica, Polícia Civil, Parnaíba (PI), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: alisonximenes@gmail.com. Tel.: +55-85-98976-7677.*

Palavras-chave: Asfixiologia Veterinária; Crimes contra a Fauna, Crimes Ambientais; Maus-tratos a animais; Medicina Veterinária Legal.

1. INTRODUÇÃO

A Medicina Veterinária Legal (MVL) é uma das 17 especialidades reconhecidas atualmente pelo Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV) [1]. A MVL consiste nos princípios, conhecimentos, tecnologia e métodos próprios da Medicina Veterinária, somado às ciências afins, aplicados ao esclarecimento de questões judiciais, à formulação de normas e em auxílio ao Direito e à Justiça [2].

O crescimento da Medicina Veterinária Forense é consequência da própria evolução da sociedade contemporânea no que tange à relação do homem com os animais. A maior proximidade do ser humano com animais de estimação tem acarretado uma crescente conscientização da sociedade em relação à importância da proteção dos animais [3].

A perícia em local de crime envolvendo animais visa materializar a existência de crime contra a fauna, em suas modalidades e, portanto, compreendem a identificação da espécie animal envolvida e lesões observadas, assim como definição de *causa mortis*, as condições do local onde esse animal ou parte de animal estava inserido e o levantamento dos vestígios que configurem crime contra a fauna. O exame mínimo necessário envolve uma análise detalhada do local examinado, na busca de condições e vestígios que indiquem ocorrência de caça ou pesca ilegal, comércio de animais, atos de abuso, maus-tratos ou agressão a animais [4].

O objetivo deste trabalho é relatar dois casos de asfixia em cães atendidos na planície litorânea do Piauí pela equipe do Núcleo Regional de Polícia Científica de Parnaíba.

2. RELATO DOS CASOS

Os casos foram atendidos pela equipe pericial do Núcleo Regional de Polícia Científica (NRPC) de Parnaíba nos anos de 2025 e 2026, conforme descritos a seguir.

2.1. Caso 1

Na manhã de 27 de novembro de 2025, a equipe do NRPC foi requisitada para atender uma ocorrência de suposto maus-tratos a animais na área urbana da cidade de Parnaíba-PI. Na área externa do local do crime (fundos da residência), constatou-se uma fêmea canina, jovem, sem raça definida, apresentando lesões compatíveis com asfixia por enforcamento.

Não se constatou no local elementos ou vestígio externos que indicassem a invasão de domicílio e/ou ação dolosa sobre o animal. Durante o exame do local do crime, o cadáver foi suspenso e rotacionado para o lado direito. Essa manobra permitiu observar o desenrolar do objeto constritor e constatar a ausência de um laço com nó fixo.



Figura 1. Local de crime do Caso 1.



Figura 2. Animal do Caso 1, quando da chegada da equipe pericial.



Figura 3. Animal do Caso 1, aspecto do nó observado.



Figura 4. Animal do Caso 1, aspecto do nó observado.



Figura 5. Animal do Caso 1, aspecto do nó após desenrolado.

O cadáver foi posteriormente examinado por um perito criminal com formação em medicina veterinária. Ao exame externo, constatou-se a presença de livores hipostáticos nos membros pélvicos, além de um sulco ascendente interrompido na região occipital. Adicionalmente, observou-se um segundo sulco localizado na região de cotovelo direito.

A integração dos achados do exame de local à avaliação médico-veterinária legal permitiu constatar que o óbito decorreu de insuficiência respiratória aguda por asfixia mecânica, secundária à constrição cervical de natureza acidental.



Figura 6. Animal do Caso 1, exame externo do cadáver.



Figura 7. Animal do Caso 1, Sulco ascendente em região cervical.



Figura 8. Animal do Caso 1, sulco em região cervical e de cotovelo.

2.2. Caso 2

Na tarde de 11 de fevereiro de 2026, a equipe do NRPC foi requisitada para averiguar uma denúncia de suposto maus-tratos a animais na área urbana da cidade de Luís Correia-PI. Na área externa do imóvel (fundos da residência), localizou-se uma fêmea canina, adulta, sem raça definida, apresentando lesões compatíveis com asfixia.

Durante o exame de local, constatou-se que a guia atada à coleira do animal encontrava-se totalmente tensionada e apresentava comprimento insuficiente, de forma que não permitia a livre mobilidade e a expressão do comportamento natural da espécie.



Figura 9. Animal do Caso 2, local onde se encontrava o animal mostrando onde estava ancorada a guia. O animal se encontrava atrás do muro.



Figura 10. Animal do Caso 2, mostrando animal e guia tensionada.



Figura 11. Animal do Caso 2, mostrando animal em estado putrefativo e coleira rente ao pescoço.

Ao exame externo, constatou-se estado de putrefação com fauna cadavérica e sulco horizontal na região cervical.

A integração dos achados do exame de local à avaliação médico-veterinária legal permitiu constatar que

o óbito decorreu de insuficiência respiratória aguda por asfixia mecânica, secundária à constrição cervical devido à negligência no manejo do animal.

3. DISCUSSÃO

Na medicina veterinária legal, as asfixias são amplamente estudadas e classificadas em diferentes modalidades de acordo com seus mecanismos de ação, destacando-se o sufocamento, o enforcamento, o estrangulamento e o afogamento [5]. As asfixias estão dentre as energias vulnerantes de ordem físico-química e na fauna silvestre caracterizam-se como de ocorrência acidental e intencionais. Enforcamentos e estrangulamentos caracterizam-se como de ocorrência acidental. O diagnóstico entre as asfixias deverá se pautar na combinação entre histórico, avaliação do ambiente e exame necroscópico detalhado [6]. Nos casos em tela, a associação entre o exame pericial de local e o exame externo do cadáver mostrou-se determinante para o diagnóstico preciso dos mecanismos de asfixia.

De acordo com a Resolução nº 1.236/2018 do Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV), configura-se como maus-tratos qualquer atoo, direto ou indireto, comissivo ou omissivo, que, intencionalmente ou por negligência, imperícia ou imprudência, provoque dor ou sofrimento desnecessários aos animais [7]. Do ponto de vista técnico, maus-tratos podem ser definidos como as ações diretas ou indiretas caracterizadas por negligência, agressão ou qualquer outra forma de ameaça ao bem-estar de um indivíduo [8]. Cabe ao perito criminal, em conjunto com o médico veterinário responsável pelos exames legais, a condução das análises sob o ponto de vista técnico para caracterizar os maus-tratos em suas mais diversas modalidades. Nesse cenário, a atividade pericial desempenha um papel essencial ao diferenciar episódios estritamente acidentais daqueles decorrentes de condutas negligenciais.

4. CONCLUSÕES

Os casos relatados na planície litorânea do Piauí demonstram que o diagnóstico de asfixia mecânica em cães exige uma abordagem multidisciplinar e integrada. A convergência entre a análise criminalística do local de crime e os achados macroscópicos do exame externo mostraram-se determinantes para estabelecer o nexo causal e a elucidação da etiologia jurídica dos casos.

Enquanto o primeiro caso evidenciou um evento acidental e fortuito, o segundo caso materializou uma conduta omissiva, considerada maus-tratos por negligência sob a égide da Resolução CFMV nº 1.236/2018, devido à severa restrição de mobilidade imposta ao animal.

Portanto, a atuação conjunta entre o perito criminal do local e o perito criminal com formação em medicina veterinária, responsável pelo exame médico veterinário legal, é indispensável para subsidiar o Poder Judiciário, garantindo a diferenciação técnica entre fatalidades e crimes perpetrados contra a fauna.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA VETERINÁRIA. *Resolução nº 1630, de 18 de dezembro de 2024.* Publicada no DOU em 20/12/2024, Edição 245, Seção 1, Página 215.

[2] Raimundo Alberto Tostes, Sérvio Túlio Jacinto Reis e Valdecir Vargas Castilho. *Tratado de Medicina Veterinária Legal*. Curitiba – PR - Brasil. Medvep (2024) 38, 119.

[3] Filho, A.M.P.S.; Mayrink, R.R.; Tavares, F.L.S. *Áreas da Perícia – Medicina Veterinária Legal.* Perícia Federal, Brasília -DF, Ano XV, Nº33, p. 8, junho de 2014. Associação Nacional dos Peritos Criminais Federais.

[4] Tocchetto, D.; Espindula, A. *Criminalística: procedimento e metodologias*. 5. ed. Campinas – SP : Millenium Editora, 2022.

[5] Tostes, R. A., Reis, S. T. J. e Castilho, V. V. *Tratado de Medicina Veterinária Legal – Volume II*. Curitiba-PR. MedVep – 2024.

[6] Tremori, T. M. *Medicina Veterinária Forense*. Campinas – SP : Millenium Editora, 2023.

[7] CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA VETERINÁRIA. *Resolução nº 1236 de 26 de outubro de 2018.* Publicada no DOU em 29/10/2018, Edição 208, Seção 1, **Páginas 133 e 134**.

[8] Tostes, R. A., Reis, S. T. J. e Castilho, V. V. *Tratado de Medicina Veterinária Legal*. 2ª Edição. Curitiba-PR. MedVep – 2024.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise quantitativa das drogas apreendidas em ações criminais na região de atuação da Coordenadoria Regional de Polícia Técnica de Ilhéus

C. M. P. Dantas[a], M. A. O. Lima[b], D. F. Bastos[c], R. T. S. Chagas[c], J. F. Santos, J. F. M. Barragan[c], A. C. S. Souza[c,d], C. M. Kaneto[a,c*]

[a] *Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, Brasil*
[b]*Departamento de Polícia Técnica do Estado da Bahia, Itabuna, Bahia, Brasil*
[c]*Departamento de Polícia Técnica do Estado da Bahia, Ilhéus, Bahia, Brasil*
[d]*Departamento de Polícia Técnica do Estado da Bahia, Santo Antonio de Jesus, Bahia, Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: carla.kaneto@dpt.ba.gov.br Tel.: +55-73-991095857*

Palavras-chave: Drogas ilícitas, Perícia Criminal, Segurança Pública, Análise Estatística, Ilhéus .

1. INTRODUÇÃO

O tráfico e o consumo de drogas ilícitas configuram-se como um dos principais desafios contemporâneos à segurança pública e à saúde coletiva em escala global. De acordo com o Relatório Mundial sobre Drogas da United Nations Office on Drugs and Crime [4], as dinâmicas do tráfico têm se adaptado a crises globais, explorando novas rotas, vulnerabilidades sociais e instabilidades políticas, o que amplia seus impactos sociais, econômicos e institucionais.

No contexto brasileiro, a maconha é a substância ilícita de maior prevalência no país, enquanto a cocaína e crack aparecem em proporções menores, porém com impacto social significativo [1]. Informações da Polícia Rodoviária Federal também demonstram que a maconha permanece como a droga de maior volume apreendido no estado da Bahia [2], reforçando a necessidade de análises sistemáticas sobre a natureza e a quantidade das substâncias apreendidas.

Nesse cenário, os laudos periciais de drogas e entorpecentes fornecem dados essenciais para a identificação das substâncias, a compreensão das dinâmicas regionais do tráfico e a definição de critérios objetivos na aplicação da legislação penal. A maioria dos países utiliza parâmetros como a natureza e a quantidade da droga apreendida para distinguir usuários e pequenos, médios e grandes traficantes [3]. Ademais, variáveis como o gênero dos indiciados contribuem para a contextualização das apreensões, uma vez que estudos epidemiológicos apontam predominância masculina no consumo e na participação em delitos relacionados às drogas [1], ajudando na formulação de políticas públicas de segurança e saúde mais direcionadas.

Neste contexto, esse estudo buscou fornecer dados referentes às drogas apreendidas e submetidas a exames periciais pela Coordenadoria Regional de Polícia Técnica (CRPT) de Ilhéus nos anos de 2023 e 2024. A área de atuação da CRPT de Ilhéus abrange os municípios de Aurelino Leal, Canavieiras, Gongogi, Ibirapitanga, Ilhéus, Itacaré, Maraú, Ubaitaba, Ubatã, Una e Uruçuca (Figura 1). Diante desse cenário, esse trabalho teve como objetivo analisar quantitativa e qualitativamente as drogas ilícitas apreendidas e submetidas a exames periciais pela CRPT de Ilhéus nos anos de 2023 e 2024, avaliando a distribuição temporal, espacial, gênero dos indiciados e a predominância das substâncias apreendidas.



Figura 1. Mapa da área de atuação da Coordenadoria Regional de Polícia Técnica (CRPT) de Ilhéus.

2. METODOLOGIA

Foram analisados dados provenientes de laudos preliminares e laudos definitivos de drogas apreendidas em ações criminais na área de atuação da CRPT de Ilhéus, referentes aos anos de 2023 e 2024.

Nos laudos preliminares, foram coletados dados referentes ao número do laudo, órgão requisitante, município, data, gênero do indiciado, tipo de substância, peso da droga, forma de apresentação e resultado preliminar dos testes químicos. Nos laudos definitivos, foram considerados os resultados finais da identificação das substâncias.

Os dados foram organizados em planilhas eletrônicas e submetidos a análises estatísticas no software RStudio. Foram aplicados testes não paramétricos (Wilcoxon e Kruskal–Wallis), testes de independência (Qui-quadrado e teste exato de Fisher) e modelos de regressão quasi-Poisson.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total, foram realizados 1.799 exames periciais, sendo 835 em 2023 e 964 em 2024, correspondendo a uma média aproximada de 75 exames por mês.

No ano de 2023 houve 355 apreensões relacionadas à maconha, 277 à cocaína, 196 ao crack e 7 ao ecstasy. O mês de junho apresentou maior número de apreensões do ano (88), seguido por novembro (83) e agosto (81). Em 2024 houve 399 relacionadas à maconha, 341 relacionadas à cocaína, 213 ao crack e 11 ao ecstasy. O mês de dezembro teve destaque nas apreensões de 2024, apresentando um quantitativo de 142 apreensões, acompanhado por março (87) e agosto (84).

Considerando o período total analisado, observou-se predominância da maconha em termos de frequência, correspondendo a 41,9% do total das apreensões realizadas nos anos de 2023 e 2024, seguida pela cocaína (34,4%), crack (22,7%) e ecstasy (1,0%).

Em relação aos pesos das substâncias, o volume total de drogas apreendidas nos dois anos foi de 420,7 kg, também com expressiva predominância da maconha, responsável por cerca de 73,6% do peso total apreendido, seguida por cocaína (20,4%), crack (5,7%) e ecstasy (0,3%).

No ano de 2023, foram apreendidos 202,2 kg de drogas, com média mensal de 16,8 kg. A maconha representou aproximadamente 164,1 kg desse total, enquanto a cocaína somou 27,9 kg, o crack 10,1 kg e o ecstasy 0,07 kg.

Em 2024, além do maior número de exames periciais, o volume total apreendido também foi superior a 2023, totalizando 218,5 kg, com média mensal de 18,2 kg. A maconha permaneceu como a principal substância apreendida (173,9 kg), seguida por cocaína (35,6 kg), crack (8,3 kg) e ecstasy (0,7 kg). O mês de novembro concentrou o maior volume do ano (58,9 kg), seguido por setembro (37,7 kg) e dezembro (21,0 kg). Esses resultados indicam que, além as apreensões terem sido mais frequentes em 2024, os volumes apreendidos foram, em geral, maiores quando comparados a 2023.

A comparação da variação mensal do peso total apreendido entre os dois anos foi realizada por meio do teste de Wilcoxon para amostras pareadas, considerando a não normalidade dos dados e a presença de valores atípicos. O teste sugeriu que as flutuações mensais seguiram padrões semelhantes, apesar das diferenças nos totais anuais (Figura 2).

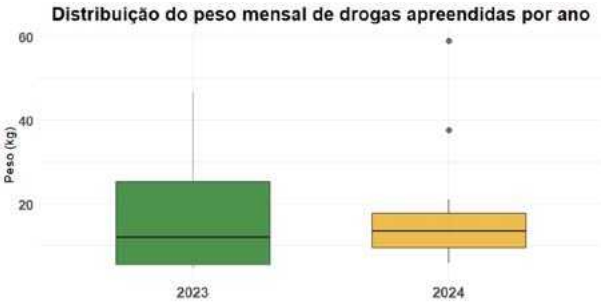


Figura 2. Distribuição mensal do peso (kg) total de drogas apreendidas na área de atuação da CRPT de Ilhéus, entre janeiro de 2023 e dezembro de 2024.As caixas representam o intervalo interquartil, a linha central a mediana e os pontos indicam outliers.

As apreensões contemplaram todos os onze municípios da área de atuação da CRPT de Ilhéus. O município de Ilhéus apresentou o maior número de encaminhamentos (1.213) e o maior volume apreen-

dido (255,6 kg), seguido por Itacaré (259 encaminhamentos; 104,9 kg) e Ubatã (109 encaminhamentos; 31,0 kg) (Figura 3).

Para verificar se os valores típicos e o padrão geral de dispersão dos pesos diferem entre os municípios, foi realizado o teste de Kruskal-Wallis que evidenciou diferença significativa na distribuição dos pesos individuais entre os municípios. As comparações múltiplas (Wilcoxon com correção de Bonferroni) apontaram que Ilhéus apresentou valores significativamente superiores apenas a Itacaré e Ubatã. Isso demonstra que apesar de Ilhéus ter apresentado o maior valor acumulativo dos pesos, a distribuição do peso das apreensões não difere estatisticamente dos outros 8 municípios.

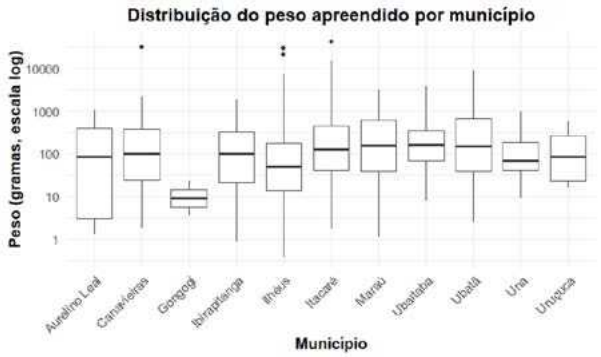


Figura 3. Distribuição do peso individual das apreensões por município (gramas, escala log10). As caixas representam o intervalo interquartil, a linha central a mediana e os pontos indicam outliers.

A composição das drogas apreendidas por município foi avaliada por meio do teste de independência Qui-quadrado e confirmada pelo teste exato de Fisher. Os resultados indicaram padrão regional semelhante de circulação das substâncias ilícitas, independentemente do município.

No que se refere à comparação entre as quantidades de apreensões por tipo de substância, a maconha e a cocaína apresentaram número de apreensões significativamente superior ao esperado, enquanto o ecstasy apresentou frequência significativamente inferior. O crack, embora numericamente abaixo do esperado, não apresentou desvio estatisticamente relevante.

Referente à comparação entre os pesos das substâncias, o teste de Kruskal–Wallis indicou diferença significativa entre os pesos apreendidos. As análises pós-hoc revelaram que os pesos de maconha foram significativamente superiores às substâncias. A cocaína apresentou valores significativamente superiores aos do crack e do ecstasy, enquanto estes dois últimos não diferiram entre si.

Os resultados evidenciam um padrão consistente de predominância da maconha tanto em termos de frequência quanto de peso apreendido, indicando sua centralidade no mercado ilícito regional. A cocaína, embora apresente elevada frequência de apreensões, em relação à maconha, contribui com parcela substancialmente menor no volume total apreendido, o que sugere apreensões de menor porte. O crack apresentou uma frequência intermediária, porém com baixos volumes associados, enquanto o ecstasy se configurou como substância de ocorrência residual, tanto em quantidade de apreensões quanto em peso.

A análise dos pesos e do número de apreensões reforça a importância para a compreensão da dinâmica das drogas ilícitas na região estudada.

A análise do perfil de gênero dos indiciados evidenciou predominância expressiva do gênero masculino ao longo do período analisado. Do total de 1.516 indiciados registrados nos anos de 2023 e 2024, 1.363 (89,9%) eram do gênero masculino, enquanto 153 (10,1%) pertenciam ao gênero feminino. No ano de 2023, foram identificados 620 indiciados do gênero masculino e 111 do gênero feminino, totalizando 731 registros. Já em 2024, observou-se aumento no número de indiciados do gênero masculino (743 casos) e redução no número de indiciados do gênero feminino (42 casos), totalizando 785 registros no referido ano.

A análise do volume total de substâncias apreendidas evidenciou diferenças expressivas entre os gêneros nos anos analisados. Em 2023, o volume associado a indiciados do gênero masculino foi de 187,5 kg, enquanto o gênero feminino concentrou 56,1 kg indicando que aproximadamente 77% do volume total apreendido naquele ano esteve relacionado a indivíduos do gênero masculino. Em 2024, essa diferença tornou-se ainda mais acentuada, com 164,41 kg associados ao gênero masculino e 4,85 kg ao gênero feminino, correspondendo a cerca de 97% do volume total concentrado no gênero masculino.

Ao considerar o perfil das substâncias apreendidas em termos de peso, observou-se que a maconha apresentou os maiores volumes apreendidos em ambos os gêneros, tanto em 2023 quanto em 2024. Entre os indiciados do gênero masculino, a maconha concentrou 154,47 kg em 2023 e 127,68 kg em 2024, sendo seguida pela cocaína e pelo crack, enquanto o ecstasy ocorreu de forma residual. No gênero feminino, a maconha também predominou, com 35,82 kg em 2023 e 3 kg em 2024, acompanhada por cocaína e crack, evidenciando redução acentuada do volume total apreendido em 2024 em comparação a 2023.

Apesar da diferença numérica, não foi observada associação estatisticamente significativa entre gênero e tipo de droga apreendida, sugerindo perfil

proporcionalmente semelhante de substâncias entre homens e mulheres.

Por fim, a tendência temporal no número de apreensões foi avaliada por meio de modelo de regressão quasi-Poisson. O modelo indicou tendência crescente significativa ao longo do período analisado (Figura 4), correspondendo a um aumento aproximado de 1,5% ao mês no número de apreensões.

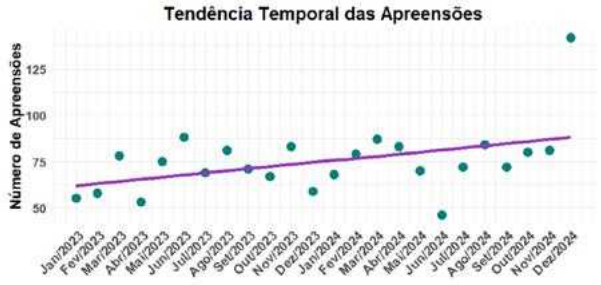


Figura 4. Tendência temporal no número de exames periciais de drogas realizados pela CRPT de Ilhéus entre janeiro de 2023 e dezembro de 2024, com linha de regressão ajustada (modelo quasi-Poisson).

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos ao longo do estudo permitiram traçar um panorama detalhado das apreensões de drogas na região de atuação da CRPT de Ilhéus entre 2023 e 2024, fornecendo subsídios relevantes à atuação pericial e à formulação de políticas públicas de segurança mais direcionadas. Os resultados, além de se adequarem às tendências observadas em relatórios internacionais, evidenciam especificidades regionais e reforçam a necessidade de análises contínuas e sistemáticas. As variações entre os municípios demonstram a relevância do mapeamento regional no direcionamento de estratégias de enfrentamento. Quanto ao perfil dos indiciados, verificou-se predominância do gênero masculino entre os encaminhamentos analisados, em consonância com padrões descritos na literatura, entretanto, a composição das drogas submetidas a exame pericial independe do sexo dos envolvidos. Ainda assim, a inclusão de variáveis sociodemográficas mostra-se relevante para contextualizar as dinâmicas regionais do tráfico e subsidiar estratégias institucionais de enfrentamento. Dessa forma, o presente estudo demonstra a importância do monitoramento das apreensões como ferramenta fundamental para a segurança pública e a saúde coletiva.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio financeiro concedido por meio da bolsa de Iniciação Científica – COTAS, bem como à Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) pelo suporte institucional. Agradecem ainda à Coordenadoria Regional de Polícia Técnica (CRPT) de Ilhéus pelo acesso aos dados periciais utilizados neste estudo. Ademais, agradecem também o Congresso Nacional de Criminalística, e a Revista Brasileira de Criminalística pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] F.I.P.M. Bastos et al. *III Levantamento Nacional sobre o uso de drogas pela população brasileira*. Fiocruz/ICICT, Rio de Janeiro (2017).

[2] Polícia Rodoviária Federal (PRF). PRF na Bahia registra aumento significativo nas apreensões de armas, maconha e cigarros em 2024. Brasília (2025).

[3] M.K. Soares; N. Cardoso; A. Maciel; H. José; P. Alves; D. Santa; C. Coelho; M.P. Gomes; D. Santos; C.L. de Sena. Critérios objetivos no processamento criminal por tráfico de drogas: natureza e quantidade de drogas apreendidas nos processos dos tribunais estaduais de justiça comum. 1–74 (2023).

[4] United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC). Relatório Mundial sobre Drogas 2025: instabilidade global agrava custos sociais, econômicos e de segurança do problema mundial das drogas. UNODC, Viena (2025). [5] L.B. Fricke. *Traffic Accident Reconstruction, Northwestern University Traffic Institute,* United States of America (1990) 210-234.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Avaliação do uso de furanos ativados por ácido carbônico na análise direta de drogas derivadas da feniletilamina.

E. Spinelli*, C. A. Varela

Faculdade de Farmácia, Universidade Federal Fluminense, Niterói (RJ), Brasil
**elianispinelli@id.uff.br Tel.: +55-21-981664198*

Palavras-chave: feniletilaminas; aductos de Stenhouse; furanos ativados .

1. INTRODUÇÃO

Testes preliminares são testes da categoria C segundo o *Scientific Working Group for Forensic Toxicology* (SWGTOX), e incluem ensaios imunológicos, colorimétricos, entre outros. Estes testes são insuficientes para um laudo definitivo de identificação que, em geral, depende da análise das substâncias por técnicas mais sofisticadas como a espectrometria de massas, o infravermelho e a ressonância magnética nuclear [1]. Contudo, a identificação preliminar de uma substância gera o laudo toxicológico provisório, importante para fundamentar as ações policiais a seguir. Ensaios simples, sensíveis e rápidos são desejados para a identificação preliminar em situações de campo, e os ensaios colorimétricos se destacam nesse cenário. Entre as desvantagens dos ensaios colorimétricos clássicos está o uso de ácidos minerais concentrados e reagentes tóxicos. Com o avanço da química verde, a química forense se volta para a elaboração de novos reagentes que atendam os preceitos básicos de segurança ocupacional e ambiental para uso em situações de campo. Além disso, espera-se que os novos reagentes tenham mecanismo de reação conhecido, e sensibilidade e especificidade suficientes para que possam ser incorporados na prática forense.

Furanos ativados por ácidos carbônicos podem ser sintetizados rapidamente por reação entre o ácido de Meldrum e o furfural (MAFC – Meldrum's Acid Furfural Conjugate) em água, e o conjugado precipita do meio aquoso, sendo facilmente isolado por filtração. O conjugado formado reage rapidamente com aminas primárias e secundárias produzindo compostos muito coloridos e termodinamicamente estáveis, que são os aductos de Stenhouse (DASA - Donor-acceptor Stenhouse adducts) [2] Esses aductos possuem alta absortividade molar, sendo sensores muito sensíveis. Apesar de apresentarem fotocromismo, isto é, uma mudança de conformação (linear/cíclica) na presença de luz, passando de colorido para incolor, a cor desses aductos no presente estudo pôde ser visualizada por até 2 horas. A figura 1 apresenta o esquema da reação do MAFC com uma amina primária ou secundária, formando um composto colorido [3].

O MAFC pode ser um reagente para detecção de drogas que contêm aminas secundárias, como as catinonas, a metanfetamina e o MDMA [4]. Contudo, ainda não foi avaliada de forma sistemática a reação com drogas contendo outras funções nitrogenadas. O presente estudo objetiva empregar estruturas contendo diferentes grupos funcionais nitrogenados ou não, para estudar a especificidade do reagente, e desenvolver um teste rápido preliminar para uso na análise direta de drogas, em especial de papéis/selos impregnados com derivados alucinógenos do grupo das feniletilaminas, aplicando o teste em drogas autênticas apreendidas pela Polícia Civil do Rio de Janeiro.

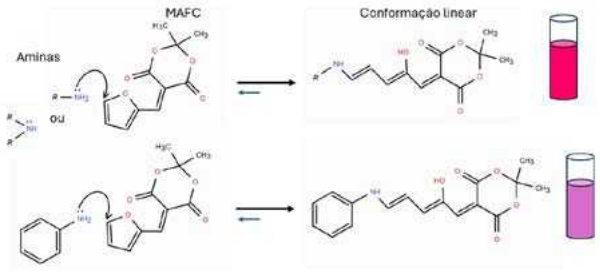


Figura 1. Esquema simplificado da reação do MAFC com aminas alifáticas e aromáticas, apresentando a conformação aberta do produto responsável pela cor observada.

2. METODOLOGIA

2.1 Solventes e reagentes

2,2-Dimetil-1,3-Dioxano-4,6-Diona (Ácido de Meldrum), Sigma-Aldrich®, Brasil; Furfural, Sigma-Aldrich®, Brasil; THF, Tedia®, Brasil;

2.2 Síntese do MAFC

Em um béquer de 100 mL de corpo alto foram adicionados 721 mg de ácido de Meldrum, 414 µL de furfural e 10 mL de água destilada. A solução permaneceu sob agitação magnética por cerca de 2 horas à temperatura ambiente. O precipitado amarelo formado foi separado por filtração usando um funil de Büchner. A secagem do precipitado é realizada a temperatura ambiente em dessecador, protegido da luz [5].

2.3 Seleção das aminas usadas no desenvolvimento do ensaio

A nortriptilina foi selecionada como modelo de uma amina secundária. Como amina primária, a dopamina, ambas adquiridas da Sigma-Aldrich®. A figura 2 mostra a estrutura dessas aminas.

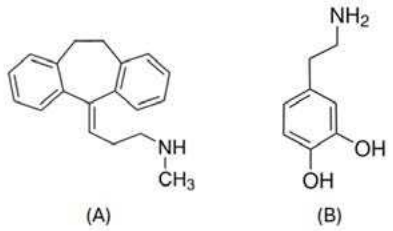


Figura 2. Estrutura da nortriptilina (A) e da dopamina (B)

2.4 Desenvolvimento do ensaio colorimétrico

2.4.1 Concentração da solução do MAFC e seleção do solvente

A solução de MAFC foi preparada em concentrações variando de 1 a 10 mg/mL, em diferentes solventes (acetona, diclorometano, dimetilformamida e tetrahidrofurano), e armazenada em frasco âmbar na geladeira.

2.4.2 Seleção do pH

Tampão fosfato a 0,1 M foi preparado em pH 7, 7,5, 8 e 8,5. Tampão borato a 0,1M foi preparado em pH 9. Tampão carbonato/bicarbonato a 0,1M foi preparado em pH 9,5, 10 e 10,5, e para outros valores de pH (11, 11,5 e 12), foi empregado o tampão fosfato/NaOH a 0,1M.

2.5 Condições finais do teste

Cerca de 1 mg da substância em teste, na forma de pó ou pequenos cristais, foram transferidos para um microtubo de polipropileno. Cristais grandes/pedrinhas foram previamente pulverizados. Papéis/selos impregnados com a droga foram diretamente transferidos para um microtubo (uma unidade). A seguir, foi adicionado o tampão (100 µL) e a solução de MAFC (100 µL). O desenvolvimento da cor foi imediato para a quantidade de substância testada.

2.6 Ensaio de sensibilidade

A sensibilidade do ensaio foi determinada para a nortriptilina (cloridrato de nortriptilina em concentrações decrescentes preparadas em tampão borato 0,1M pH 9).

2.7 Ensaio de especificidade

A especificidade para aminas primárias e secundárias foi avaliada empregando 190 fármacos/substâncias, representativas das seguintes funções nitrogenadas: aminas primárias e secundárias alifáticas, aminas terciárias (incluindo nitrilas), amina quaternária, aminas aromáticas, amidas, hidrazinas, sulfonamidas, piridina, piperidina, pirimidina, pirazina, piperazina, morfolina, pirrol, pirazol, imidazol, imidazolina, benzoimidazol, triazol, pirazolona, xantina, guanidina, indol e benzodiazepínicos. Moléculas contendo as seguintes funções oxigenadas também foram testadas: álcoois, éteres, ésteres, cetonas e ácidos carboxílicos, assim como excipientes farmacêuticos (n=30).

3. RESULTADOS

3.1. Otimização do reagente

Os melhores resultados foram produzidos quando a concentração do MAFC foi de 10 mg/mL preparada em THF. Nessas condições a solução reagente permaneceu estável na geladeira por 15 dias. O MAFC em pó apresenta estabilidade de pelo menos 2 meses, que foi o tempo estudado. A dopamina, entretanto, respondeu fracamente em pH 9. O melhor valor de pH para dopamina foi ≥ 11,5, com resultado positivo produzido imediatamente após a colocação do reagente. Esse valor mais elevado de pH não interferiu com os resultados para aminas secundárias e aumenta a sensibilidade para detecção de aminas primárias. Os tampões preparados com água ultrapura (Milli-Q) permaneceram estáveis em geladeira por várias semanas. O tampão bicarbonato precisou ser filtrado através de

membrana de celulose de 0,45 µm para clarificação. A proporção 1:1 entre o tampão e o reagente se mostrou eficiente, e volumes maiores que 100 µL podem ser utilizados desde que a proporção seja mantida, e a concentração da droga não fique muito diluída. A intensidade da cor foi proporcional à concentração.

3.2. Sensibilidade

A quantidade mínima de nortriptilina que pôde ser detectada visualmente com segurança foi de 0,031 mg em pH 9. A figura 3 mostra o resultado obtido para o teste de sensibilidade.



Figura 3. Quantidades decrescentes de nortriptilina submetidas à reação com MAFC (mg) em tampão borato 0,1M pH 9.

3.3. Especificidade para aminas primárias e secundárias

A ativação do furano ocorre por aumento de sua eletrofilicidade, que acontece na conjugação de ácidos carbônicos com o furfuraldeído. O mecanismo da reação do MAFC com aminas envolve o ataque nucleofílico da amina ao furano ativado. Nesse mecanismo, não apenas a basicidade da amina é importante, mas também questões como impedimento estérico e ligações intermoleculares, que podem tornar o par solitário de elétrons do nitrogênio menos acessíveis ou disponíveis para a reação.

De todas as funções nitrogenadas e não nitrogenadas avaliadas, apenas aminas primárias e secundárias reagiram.

Entre as aminas primárias analisadas (n=5), todas forneceram um resultado positivo fraco em pH 9, que se tornou mais forte em pH 12, semelhante ao ocorrido com a dopamina.

Entre os fármacos que possuíam um nitrogênio secundário (n=19), 4 não reagiram. Em comum, esses quatro fármacos apresentavam caráter ácido, como o diclofenaco.

Para aminas aromáticas (n=14), substituintes como NO2, CN e SO3H, que são forte puxadores de elétrons, desfavorecem a reação. A anilina, assim como a benzocaína e o sulfatiazol produziram resultados positivos, todos no tom lilás/roxo. A mudança de cor é devida a uma extensão na conjugação envolvendo o anel aromático. Como esperado, o-nitro e m-nitroanilina não forneceram resultado positivo, assim como o ambroxol, que contém a dibromo anilina na estrutura.

Entre as estruturas que continham nitrogênio terciário, amônio quaternário e nitrilas (n=46), nenhum resultado positivo foi obtido, assim como fármacos contendo amidas ou sulfonamidas (n=20). Estruturas contendo nitrogênio nas funções piridina, pirimidina, pirazina, piperidina, morfolina e piperazina (n=22), produziram resultados negativos. Também não positivaram fármacos contendo as funções pirrol, pirazol, imidazol, benzoimidazol, imidazolina e triazol (n=18). Resultados negativos foram obtidos para a maioria dos benzodiazepínicos, xantinas, guanidinas e pirazolonas (n=16). Entre as estruturas não nitrogenadas, nenhuma forneceu resultado positivo (n=30).

3.3.1 Resultados "falso positivos"

Alguns medicamentos, para os quais a estrutura principal não apontava para um possível resultado positivo, apresentaram tons levemente rosados ou salmão após a adição do MAFC. Então, uma busca foi realizada em fontes de informação sobre impurezas farmacopeicas (EP/USP) e impurezas relacionadas ao medicamento, e que são toleradas. A Instrução Normativa nº 258/2023 da ANVISA, publicada em 16 de outubro de 2023, estabelece a Lista de Impurezas Qualificadas e seus respectivos limites para medicamentos com substâncias ativas sintéticas e semissintéticas. Para a dipirona, por exemplo, é aceito até 10% (w/w) da dose diária das impurezas A, B e C. Considerando que a dose diária pode ser de até 1g, até 100 mg dessas impurezas é tolerado. Há, porém, drogas mais potentes, com doses diárias de 10 mg e níveis de impurezas na ordem de microgramas. A tabela 1 relaciona os fármacos para os quais um resultado inesperado foi obtido com base na estrutura do fármaco, e a possível impureza responsável pelo resultado "falso positivo".

Tabela 1. Impurezas que são aminas primárias ou secundárias relacionadas aos "falsos positivos" observados.

Fármaco	Referência
Cinarizina	Impureza A
Cloxazolam	Impureza 2
Flunitrazepam	Impureza A
Flurazepam	Impureza 1
Teofilina / cloroteofilina	Impureza 21
Dipirona	Impurezas C e 12
Flunarizina	Impureza A
Ofloxacino	Impureza E
Penfluridrol	Impureza 1
Sulpirida	Impureza A
Levotiroxina	Impureza G

Todas essas impurezas são aminas primárias ou secundárias. Assim, esses resultados não são falsos positivos para a função química avaliada, mas podem ser interpretados como falsos positivos para a identificação da droga. Vale ressaltar que os padrões de fármacos utilizados no presente estudo são padrões secundários doados pela indústria farmacêutica.

Isso também pode explicar o resultado positivo obtido para uma amostra de rua de cocaína, apreendida pela Polícia Civil. Essa droga é raramente encontrada na forma pura, e há muitos contaminantes naturais, adulterantes ou agentes de corte intencionalmente adicionados, que podem ser ou conter aminas reativas, como benzocaína, dipirona, anfetaminas, catinonas etc. (Kudlacek et al., 2017). O padrão analítico da cocaína não reagiu.

3.3.2 Análise de drogas autênticas apreendidas pela Polícia Civil do Rio de Janeiro.

As figuras 4 e 5 mostram os resultados obtidos da análise de algumas drogas apreendidas e previamente analisadas no laboratório de química forense por técnica de espectrometria de massas. Na interpretação dos resultados é necessário considerar que a cor resultante pode diferir do rosa/vermelho ou lilás/roxo por interferência do corante presente na droga. Alguns corantes podem ser solúveis no sistema tampão:THF, sendo recomendável a análise em paralelo da amostra colorida sem a adição do MAFC, ou seja, apenas tampão e THF, na mesma proporção 1:1.

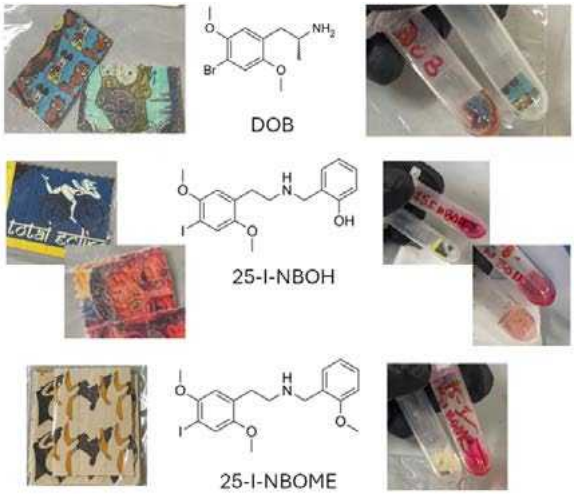


Figura 4. Resultados positivos obtidos na análise direta de selos impregnados com feniletilaminas alucinógenas. Para produtos coloridos faz-se necessária a análise em paralelo de um branco (amostra + tampão + THF).

Um selo de LSD não apresentou resultado positivo. Vários novos derivados da feniletilamina apresentam potencial de detecção pelo MAFC, como os benzodifuranos, os aminoindanos e os fenidatos (UNODC, 2024). Canabinóides sintéticos não devem reagir, pois a maioria das estruturas não são aminas primárias ou secundárias, mas apenas a ADB-butinaca estava presente entre as drogas apreendidas disponibilizadas para o teste, e o resultado foi negativo, como esperado.

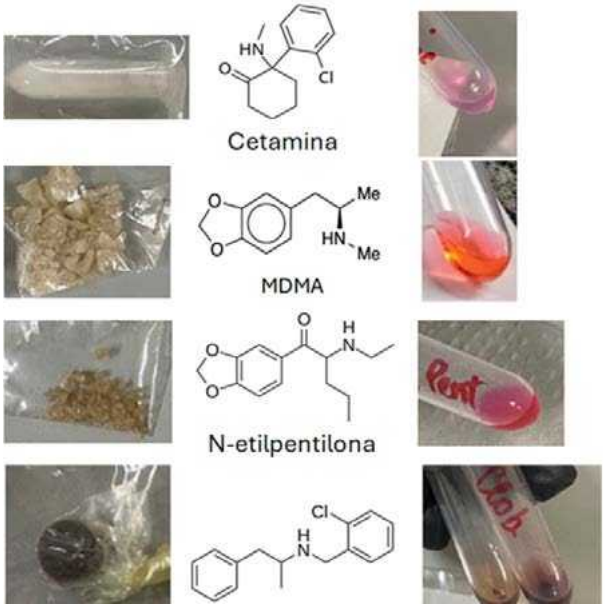


Figura 5. Resultados positivos obtidos na análise de outras drogas apreendidas e que são aminas primárias ou secundárias. Para produtos coloridos faz-se necessária a análise em paralelo de um branco (amostra + tampão + THF). Alterações na cor final podem ocorrer em decorrência da contribuição do corante presente na droga.

De forma geral, as catinonas, que são aminas secundárias em sua maioria, podem reagir positivamente, mas o grupo da catinonas pirrolidínicas (α-PVP) não deve reagir por possuírem nitrogênio terciário. Estes derivados costumam reagir com o reagente de Scott. Algumas catinonas disponíveis para o teste positivaram adequadamente, com exceção das que apresentavam nitrogênio terciário (N,N-dimetilcatinona).

4. CONCLUSÕES

O MAFC é um reagente promissor para detecção de drogas derivadas da feniletilamina, em especial para as novas substâncias psicoativas alucinógenas, que são muito potentes e comercializadas em geral na forma de papéis ou selos impregnados com a droga, e tem uma amina secundária em sua estrutura. O caráter inovador do presente estudo não somente se baseia na sensibilidade do teste como também no fato da análise ser direta, não havendo necessidade de extração prévia. A introdução do reagente no rol de testes colorimétricos deve ser criteriosa, pois sua especificidade é para uma determinada função química, que pode estar presente em várias drogas de interesse na área forense.

AGRADECIMENTOS

À FAPERJ pelo apoio financeiro através do edital Ciências Forenses, Processo 290.041/2021. Ao Laboratório de Química do Instituto de Criminalística Carlos Éboli da Polícia Civil do Estado do Rio de Janeiro por permitir a realização dos testes em suas instalações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] S. A. Reis; C.M. Rocha; Y. Machado; Â. De Fátima. Métodos colorimétricos para a detecção de drogas ilícitas: do clássico ao contemporâneo - uma revisão. *Rev. Bras. Crimin.,* 13: 176-194 (2024).

[2] Q. Chen *et al.* Stable Activated Furan and Donor−Acceptor Stenhouse Adduct Polymer Conjugates as Chemical and Thermal Sensors. *Macromolecules*, 52: 4370−4375 (2019).

[3] L. Sabahi-agabager; H. Eskandari; F. Nasiri *et al*. Properties of a furan ring-opening reaction in aqueous micellar solutions for selective sensing of mesalazine**.** *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy***,** 258: 119846 (2021).

[4] S. Cho, Y. Kim. Donor-acceptor Stenhouse adduct formation for the simple and rapid colorimetric detection of amphetamine-type stimulants. *Sensors and Actuators: B. Chemical*, 255, 131274 (2022).

[5] C. Amber; S. Allen; S. Helmy. Using Donor–Acceptor Stenhouse Adducts to Teach Photochromism in the Undergraduate Laboratory. *J. Chem. Edu*., 98: 1736–1740 (2021).

[6] O. Kudlacek *et al*. Cocaine adulteration. *J Chem Neuroanat.,* 83-84: 75-81 (2017).

[7] UNODC – United Nations Office on Drugs and Crime. World Drug Report. Volume 4. Drug Market Trends. Vienna, 2022. Disponível em: https://www.unodc.org/res/wdr2022/MS/WDR22_Booklet_4.pdf. Acesso em 21 de abril de 2023.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

A Importância do Banco de Dados de Perfis Genéticos de Cadáveres de Identidade Desconhecida no Estado do Pará

E. M. Ribeiro-Rodrigues[a,*], H. A. B. Sousa[a], M. S. Costa[a], R. U. L. Iespa[a], M. M. C. Paula[a]

[a]*Laboratório de Genética Forense, Coordenação de Laboratórios, Instituto de Criminalística "Iran Bezerra", Polícia Científica do Pará, Brasil.*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: elzemar.rodrigues@policiacientifica.pa.gov.br Tel.: +55-91-981335180.*

Palavras-chave: cadáveres de identidade desconhecida; familiares de pessoas desaparecidas, Banco de Perfis Genéticos, Pará.

1. INTRODUÇÃO

A identificação de cadáveres de identidade desconhecida constitui um desafio recorrente para os sistemas de segurança pública e perícia oficial no Brasil, especialmente em regiões com grande extensão territorial e intensa mobilidade populacional, como o Estado do Pará. Nesse contexto, a genética forense, por meio dos bancos de perfis genéticos, surge como ferramenta essencial para a identificação humana, permitindo a comparação entre vestígios biológicos de cadáveres e amostras de referência de familiares.

O Banco Nacional de Perfis Genéticos (BNPG) representa um marco na integração de dados genéticos em nível nacional, possibilitando o cruzamento de informações entre diferentes Estados e contribuindo significativamente para a resolução de casos de desaparecimento e identificação de corpos.

Entretanto, a efetividade dessa ferramenta depende diretamente da quantidade e da qualidade dos dados inseridos. Um dos principais problemas observados é o desequilíbrio entre o número de perfis genéticos de cadáveres cadastrados e o número reduzido de perfis de familiares disponíveis para comparação.

No Estado do Pará, esse cenário se apresenta de forma crítica. Há um número expressivo de cadáveres não identificados cadastrados no Banco de Dados de Perfis Genéticos do Pará (BDPG-PA), totalizando 1406 cadáveres, distribuídos entre capital e interior, conforme os seguintes dados representados da Fig. 1.

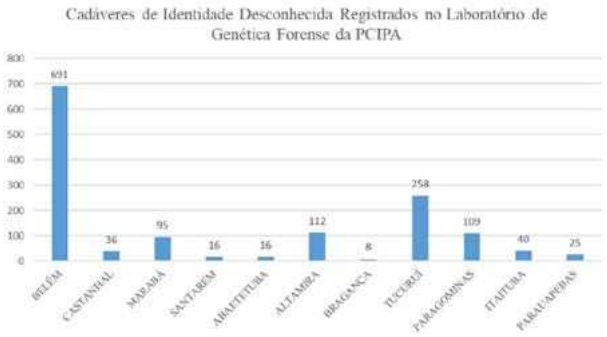


Figura 1. Distribuição dos Cadáveres de identidade desconhecida nos municípios do Pará.

Em contrapartida, há apenas cerca de 168 perfis genéticos de familiares cadastrados, o que representa 107 árvores genealógicas evidenciando uma discrepância significativa que compromete o potencial de identificação conforme demonstrado na Fig. 2.

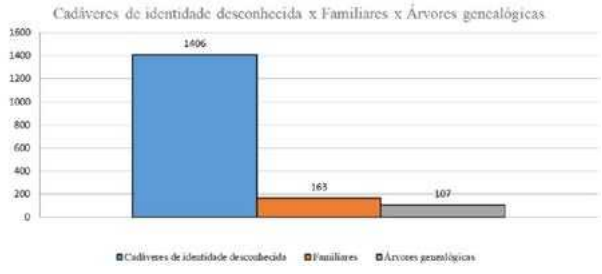


Figura 2. Números de Cadáveres de identidade desconhecida e familiares cadastrados no BDPG-PA.

Além disso, observa-se que muitos desses cadáveres encontrados no interior do Estado podem estar relacionados a fluxos migratórios internos, especialmente de indivíduos que se deslocam em busca de oportunidades de trabalho, o que dificulta ainda mais a identificação por métodos convencionais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar a utilização dos bancos de perfis genéticos na identificação de cadáveres não identificados no Estado do Pará, com ênfase na baixa adesão de familiares ao sistema.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a importância da genética forense na identificação humana;
- Demonstrar o desequilíbrio entre perfis de cadáveres e perfis de familiares cadastrados;
- Apresentar dados regionais do Pará sobre cadáveres não identificados;
- Discutir a relação entre mobilidade populacional e cadáveres não identificados no interior do Estado;
- Destacar a relevância do Banco Nacional de Perfis Genéticos na integração interestadual.

3. METODOLOGIA

Foram utilizados:

- Levantamento de dados regionais do Estado do Pará sobre cadáveres não identificados e perfis de familiares cadastrados.
- Análise de dados secundários relacionados ao Banco Nacional de Perfis Genéticos;

A análise concentrou-se na correlação entre os dados empíricos, com enfoque na eficiência do sistema de identificação genética.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Desigualdade entre Perfis Cadastrados

Os dados evidenciam um grave desequilíbrio entre a quantidade de cadáveres cadastrados e o número de familiares inseridos no Banco de Perfis Genéticos. Enquanto o Estado apresenta centenas de cadáveres não identificados, totalizando atualmente 1406 — com destaque para Belém (691 casos) e municípios estratégicos do interior — o número de familiares cadastrados é extremamente reduzido, apenas 163 familiares no total, com maior busca de familiares por pessoas desaparecidas em Belém, já nos municípios a busca é extremante reduzida, conforme demonstrados na Fig. 3, dados coletados até o mês de março de 2026.

Esse cenário limita diretamente a efetividade do Banco, uma vez que a identificação genética depende da existência de perfis de referência para comparação.

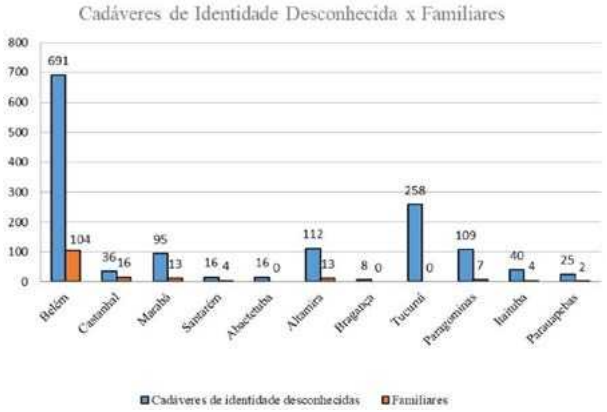


Figura 3. Número de Cadáveres de identidade desconhecida e familiares cadastrados no BDPG-PA por municípios.

4.2 Interiorização dos Casos e Mobilidade Populacional

Somando os valores apresentados, temos 1.406 cadáveres de identidade desconhecida distribuídos entre os municípios listados na Fig. 1. Isso já revela um volume expressivo para o Estado, indicando um desafio estrutural relevante na identificação humana.

4.2.1 Distribuição e concentração

Destaca-se Belém, com 691 casos (aproximadamente 49% do total), seguida por Tucuruí (258; ~18%), Altamira (112; ~8%), Paragominas (109; ~8%) e Marabá (95; ~7%), que, em conjunto, concentram cerca de 90% das ocorrências.

4.2.2 Interpretação dos dados

Centralização na capital (Belém)

O número extremamente elevado em Belém pode ser explicado por:

- Maior densidade populacional;
- Concentração de serviços periciais (IMOL);
- Recebimento de casos oriundos do interior;
- Fluxo migratório intenso, incluindo pessoas de outros Estados.

Isso sugere que Belém funciona como um centro receptor de cadáveres, e não apenas como origem dos casos.

Polos regionais estratégicos

A distribuição dos cadáveres de identidade desconhecida no interior do Estado revela um padrão relevante.

Municípios como Tucuruí, Marabá, Altamira e Paragominas apresentam números elevados, o que pode estar associado a fatores socioeconômicos.

Uma hipótese consistente é a de que muitos desses casos envolvem indivíduos que migraram para o interior do Estado em busca de trabalho, especialmente em atividades como: mineração, energia, atividades rurais e extrativistas.

Municípios com menor número como Castanhal, Santarém, Abaetetuba, Bragança, Itaituba e Parauapebas, apesar dos números menores, isso não significa menor relevância, pode indicar:

- Subnotificação;
- Dificuldades logísticas no envio de corpos para perícia;
- Menor capacidade operacional local;
- Transferência de casos para polos maiores.

Esse deslocamento populacional dificulta a identificação, pois:

- os familiares frequentemente residem em outros municípios ou Estados;
- há ruptura de vínculos sociais locais;
- inexistem registros formais ou documentos.

4.3 Importância do Banco Nacional de Perfis Genéticos

Diante desse cenário, o Banco Nacional de Perfis Genéticos assume papel fundamental. Sua principal vantagem é a possibilidade de cruzamento de dados em nível interestadual, permitindo que um perfil genético coletado no Pará seja comparado com amostras de familiares cadastrados em outros estados. •

Os dados demonstram que, no âmbito nacional, o Banco Nacional de Perfis Genéticos possibilitou 64 identificações entre diferentes Estados, o Pará apresentou uma (01) identificação Interestadual. Já as comparações realizadas entre Bancos Estaduais resultaram em 674 identificações. Esses resultados reforçam a importância da integração entre sistemas e da ampliação da base de dados e importância da integração entre sistemas e da ampliação da base de dados.

Outro aspecto fundamental é a estruturação de árvores genealógicas. Quanto maior o número de familiares cadastrados — especialmente de primeiro grau — maior é a probabilidade de correspondência genética e, consequentemente, de identificação positiva.

Isso é especialmente relevante considerando:

- o caráter migratório dos indivíduos não identificados;
- a dispersão geográfica das famílias;
- a limitação das bases locais de dados.

Assim, o fortalecimento do BNPG amplia significativamente as chances de identificação, mesmo quando não há correspondência dentro do próprio Estado.

4.4 Principais Desafios Identificados

- Baixa adesão de familiares à coleta de DNA;
- Falta de informação da população sobre o procedimento;
- Dificuldade de acesso aos serviços periciais no interior;
- Elevado número de cadáveres de identidade desconhecida

5. CONCLUSÕES

O estudo demonstra que o Estado do Pará enfrenta um cenário crítico no que diz respeito à identificação de cadáveres de identidade desconhecida, caracterizado por um elevado número de corpos cadastrados (1406) e uma quantidade extremamente reduzida de perfis genéticos de familiares (163), o que representa 11,6% em relação ao número total de cadáveres de identidade desconhecida.

Essa discrepância compromete diretamente a eficácia do Banco de Perfis Genéticos, tornando-o subutilizado frente ao seu potencial.

A análise também indica que a interiorização dos casos está possivelmente associada à migração de indivíduos em busca de trabalho, o que reforça a necessidade de estratégias de identificação que ultrapassem os limites Estaduais.

Nesse contexto, o Banco Nacional de Perfis Genéticos destaca-se como ferramenta indispensável, pois permite o cruzamento de dados entre diferentes Estados, aumentando significativamente as chances de identificação.

Dessa forma, recomenda-se:

- intensificação de campanhas de coleta de DNA de familiares;
- ampliação do acesso aos serviços de genética forense no interior;
- integração entre órgãos Estaduais e Federais;
- investimento em políticas públicas voltadas à identificação de desaparecidos.

A consolidação dessas medidas contribuirá para a redução do número de cadáveres não identificados, promovendo dignidade às vítimas e respostas às famílias.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos familiares de pessoas desaparecidas representadas neste trabalho, a Polícia Cientifica do Pará (PCIPA) e aos colegas do Laboratório de Genética Forense da Polícia Cientifica do Pará (PCIPA).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BRASIL. Lei nº 12.654, de 28 de maio de 2012. Altera as Leis n.º 12.037, de 1º de outubro de 2009, e 7.210, de 11 de julho de 1984 - Lei de Execução Penal, para prever a coleta de perfil genético como forma de identificação criminal, e dá outras providências. Brasília, 28 de maio de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12654.htm. Acesso em: 21 de abril de 2026.

[2] BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Banco Nacional de Perfis Genéticos (BNPG). Disponível em: https://www.gov.br. Acesso em: 20 de abril de 2026.

[3] BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. XXIII Relatório da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos (novembro 2025). Disponível em: https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/ribpg/relatorio/xxiii_relatorio_da_rede_integrada_de_bancos_de_perfis_geneticos__ribpg_.pdf/view. Acesso em: 20 de abril de 2026.

[4] BRASIL. DECRETO Nº 7.950, de 12 de março de 2013. Institui o Banco Nacional de Perfis Genéticos e a Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/decreto/d7950.htm. Acesso em: 20 de abril de 2026.

[5] A.F.S. Brito A.N. Pontes, Estudo sobre identificação humana por DNA, Banco Nacional de Perfis Genéticos e a obrigatoriedade da Lei 12.654/2012. Rev. Bras. Crimin. 9(2), 76-84, 2020.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Divulgação da importância dos insetos para a investigação criminal

B. E. Souza[a], J. S. Costa[a], D. V. A. Ramos[a], L. T. Carneiro[b,*], V. M. Aguiar[a]

[a]*Departamento de Microbiologia e Parasitologia, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ), Brasil*
[b]*Departamento de Entomologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: larissa.bioperita@gmail.com. Tel.: +55-21-98672-3985.*

Palavras-chave: Divulgação Científica; Redes Sociais, Instagram, Entomologia Forense.

1. INTRODUÇÃO

A Entomologia Forense é a ciência que aplica o estudo da biologia e ecologia de insetos e outros artrópodes a investigações criminais [1, 2]. Suas aplicações são vastas, dividindo-se classicamente em três categorias: urbana, de produtos estocados e médico-legal, sendo esta última essencial para a resolução de crimes violentos através da fauna cadavérica [2–4]. Estudos recentes propõem ainda uma quarta categoria: a ambiental, utilizando insetos como bioindicadores de impactos e biopirataria [4–8].

O principal uso médico-legal reside na estimativa do Intervalo Pós-Morte (IPM). Enquanto métodos tanatológicos baseados em rigidez e temperatura corporal perdem precisão após três dias, o método entomológico permanece eficaz por semanas ou meses [2,4,8,9]. Apesar dessa relevância, o público leigo frequentemente associa insetos apenas a sujeira e doenças. A divulgação científica é, portanto, o mecanismo necessário para democratizar esse conhecimento, promovendo a alfabetização científica e aproximando a academia da sociedade [10]. Este trabalho objetivou utilizar as redes sociais, em especial o Instagram, para divulgar a Entomologia Forense e avaliar a percepção social sobre o tema.

2. METODOLOGIA

A divulgação foi executada via perfil @ledunirio no Instagram, entre 17 de junho e 02 de julho de 2024. Foram produzidas oito publicações autorais em formato carrossel, utilizando o software Canva, com linguagem adaptada para o público não especialista. Os temas abordaram desde conceitos básicos até tópicos complexos como Entomologia Forense, Entomotoxicologia e Racismo Ambiental. A Figura 1 exemplifica um dos modelos das postagens realizadas. As postagens foram realizadas no final da tarde, horário de maior audiência do perfil.

Para avaliar o impacto, realizou-se a coleta de métricas nativas da plataforma (alcance, curtidas, comentários, salvamentos e visitas ao perfil). Complementarmente, aplicou-se um questionário, intitulado "A importância dos insetos para a investigação crimina online" via Google Forms, divulgado em outubro de 2025. O formulário continha um vídeo explicativo de 1:23 min e questões sobre o perfil demográfico, fontes de conhecimento prévio e percepção sobre a utilidade dos insetos na justiça. A análise dos dados foi quantitativa, com auxílio do software Microsoft Excel.





Figura 1. Exemplo de uma das publicações feitas no perfil do Instagram "@ledunirio" com o tema "O que é a Entomologia Forense". Foi uma das postagens com maior alcance e interações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise de Engajamento no Instagram

As publicações alcançaram um total de 2671 contas, resultando em 417 interações. O post inicial, "Saúde Única e moscas", obteve o maior engajamento (121 interações), seguido por "O que é a Entomologia Forense?" e "Fauna associada a corpos em decomposição" (75 interações cada) (Tab. 1).

Observou-se que um alcance elevado nem sempre se traduz em engajamento proporcional. Por exemplo, a postagem sobre a história da área de Entomologia Forense no Brasil teve alcance similar à introdução do tema (aprox. 440 a 450 contas), mas apenas um terço das interações. As curtidas (237) foram a forma predominante de interação, padrão que corrobora estudos prévios sobre divulgação científica em redes sociais, onde o consumo do conteúdo é majoritariamente passivo (Tab. 1, Fig. 2) [11, 12].

3.2. Percepção do Público via Questionário

O questionário obteve 94 participantes, com perfil majoritário de mulheres (57,4%) e jovens entre 18 e 30 anos (47,9%). O predomínio de jovens é esperado, por representarem a maior parte dos usuários ativos no Instagram [13] e que costumam interagir com os conteúdos compartilhados. Além disso, a pesquisa foi realizada no estado do Rio de Janeiro, o que corresponde com a predominância de participantes do mesmo local (85).

Também tiveram participantes dos seguintes estados: São Paulo (2), Amazonas (1), Ceará (1), Goiás (2) e Minas Gerais (3) (na Figura 3 é possível verificar o local de residência dos participantes que responderam ao formulário). Logo, o perfil de participantes encontrado neste trabalho indica que o público alcançado corresponde ao grupo que possui maior probabilidade de participar e compartilhar a pesquisa.

Embora 67,1% das pessoas que responderam ao questionário tivessem alta escolaridade (Ensino Superior Completo, Ensino Superior Incompleto ou Pós-Graduação), a principal fonte de conhecimento sobre o tema (55,4%) foram séries, filmes e documentários, o que evidencia o forte impacto da cultura midiática (Efeito CSI) na percepção das ciências forenses (Fig. 4).

Quanto ao conhecimento técnico, 84% identificaram corretamente moscas e besouros como os principais táxons de interesse forense (Fig. 5) Diptera e Coleoptera são as ordens de insetos mais relevantes para essa ciência por serem encontrados com maior frequência, com os dípteros colonizando nas primeiras horas e os coleópteros sendo predominantes nas fases mais avançadas [14]. Com relação às aplicações, A estimativa do IPM (intervalo pós-morte) foi reconhecida por 85,1% dos participantes, mas outras aplicações como a detecção de locomoção de cadáver (62,8%) e auxílio em maus-tratos (48,9%) ainda são menos difundidas (Fig. 6).

Sobre o valor social: 91,5% reconheceram a importância da área para a justiça e 98,9% defenderam maior divulgação entre os profissionais da justiça e para o público em geral (Fig. 7 e 8). Estes resultados sugerem que existe uma percepção clara da relevância da Entomologia Forense em investigações criminais entre os entrevistados.

A relevância do vídeo explicativo foi confirmada pelo fato de que quase metade dos respondentes (46,8%) afirmou não conhecer ou apenas "ter ouvido falar" do conteúdo apresentado, reforçando o papel das mídias audiovisuais na popularização da ciência [15] (Fig. 9).

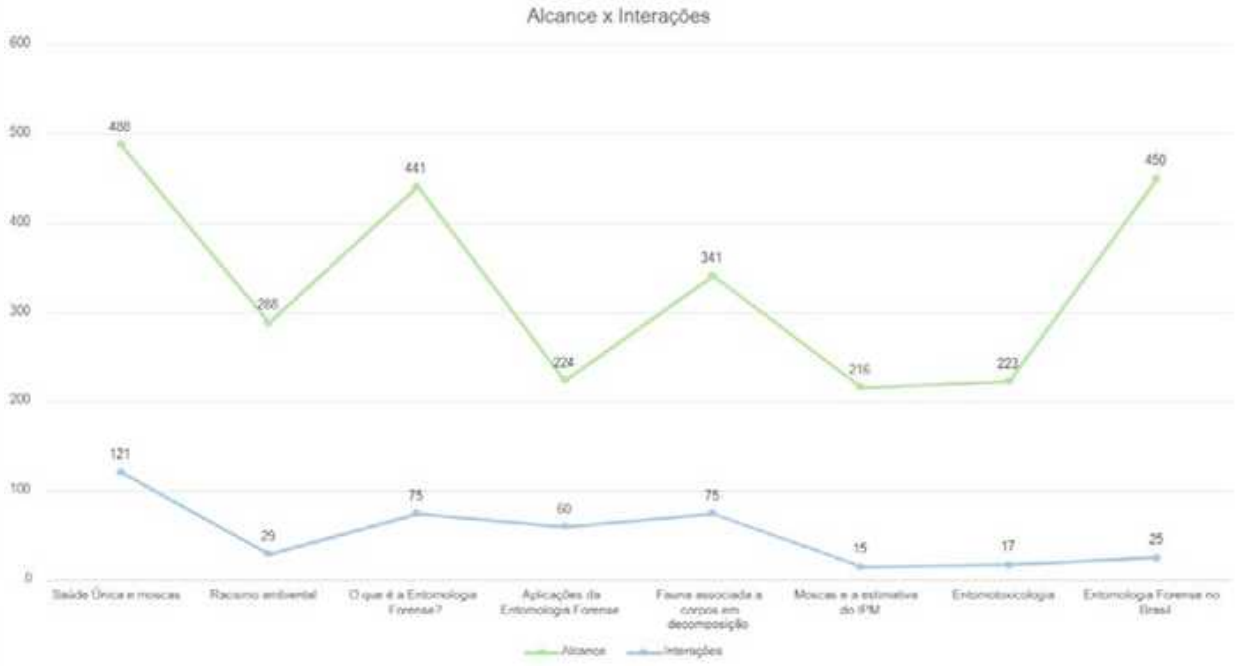


Figura 2. Relação entre alcance e interações das publicações feitas no perfil do Instagram "@ledunirio" para divulgar a importância dos insetos para a investigação criminal.

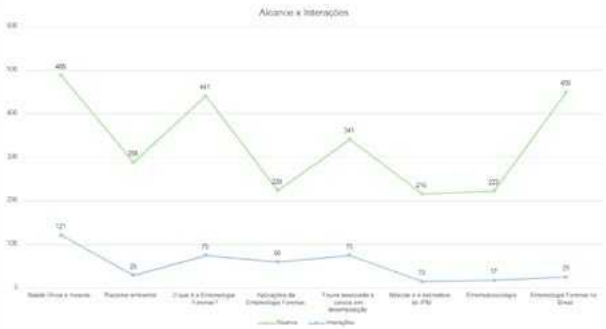


Figura 3. Local de residência dos participantes que responderam o formulário "A importância dos insetos para a investigação criminal" através do *Google Forms*.

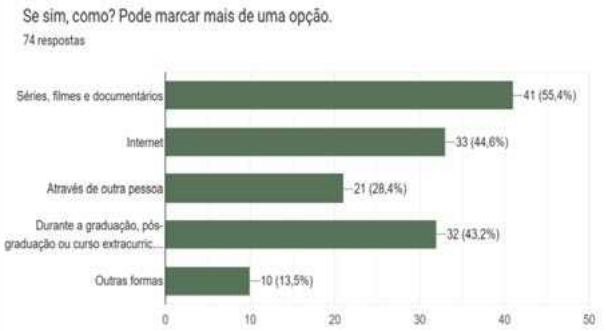


Figura 4. Formas de conhecimento sobre o uso dos insetos em investigações criminais. Neste ponto do formulário, os participantes poderiam responder se tinham o conhecimento de que insetos podem ser utilizados em investigações criminais através dos estudos da Entomologia Forense. Caso positivo, poderiam responder também como obtiveram este conhecimento (ex. através de séries, filmes, documentários, internet, cursos, etc).

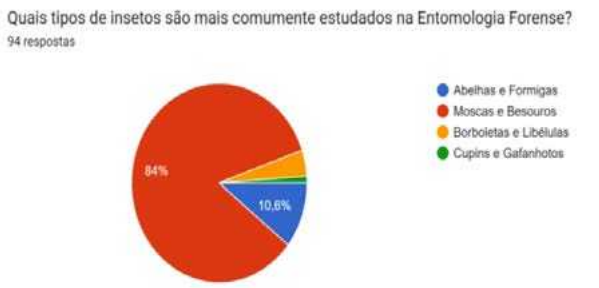


Figura 5. Percepção dos participantes da pesquisa em relação aos insetos mais estudados na Entomologia Forense.



Figura 6. Percepção dos participantes da pesquisa em relação às aplicações da Entomologia Forense.



Figura 7. Percepção dos participantes da pesquisa em relação a importância da Entomologia Forense.

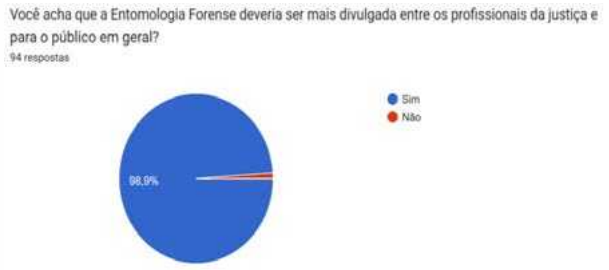


Figura 8. Percepção dos participantes da pesquisa em relação à divulgação da Entomologia Forense.



Figura 9. Percepção dos participantes da pesquisa em relação ao conhecimento do conteúdo do vídeo explicativo

Tabela 1. Métricas obtidas nas publicações feitas no perfil do Instagram "@ledunirio" para divulgar a importância dos insetos para a investigação criminal.

Postagem	Alcance	Curtidas	Comentários	Compartilhamentos	Salvamentos	Interações
Saúde Única e moscas	488	63	3	51	4	121
Racismo ambiental	288	28	0	0	1	29
O que é a Entomologia Forense?	441	35	3	33	4	75
Aplicações da Entomologia Forense	224	26	0	32	2	60
Fauna associada a corpos em decomposição	341	33	3	34	5	75
Moscas e a estimativa do IPM	216	15	0	0	0	15
Entomotoxicologia	223	16	0	0	1	17
Entomologia Forense no Brasil	450	21	0	1	3	25
Total	2671	237	9	151	20	417

4. CONCLUSÕES

O estudo demonstrou que as redes sociais são ferramentas potentes para a democratização da ciência forense. A alta aceitação e o reconhecimento da importância da Entomologia Forense pelo público indicam um terreno fértil para novos projetos de extensão. Conclui-se que a produção contínua de materiais didáticos é essencial para aprofundar o conhecimento da sociedade e fortalecer a valorização da perícia criminal.

AGRADECIMENTOS

À UNIRIO e ao Laboratório de Estudos de Dípteros (LED) pelo suporte institucional e acadêmico. Agradecimentos especiais à Perita e Profa. Dra. Janyra Oliveira-Costa pelos ensinamentos e parceria no Instituto Médico Legal Afrânio Peixoto (PCERJ) Agradecemos também ao XXVII Congresso Nacional de Criminalística e aos revisores do evento pela apreciação e possibilidade de divulgação deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] W.D. Lord; J.R. Stevenson. *Directory of forensic entomologists*. 2 ed. Misc. Publ. Armed Forces Pest Mgt. Board, Washington, D.C. (1986).

[2] M.L. Goff; W.L. Lord. Entomotoxicology: insects as toxicological indicators and the impact of drugs and toxins on insect development. In: J.H. Byrd; J.L. Castner. *Forensic entomology: The utility of arthropods in legal investigations*. 1 ed. CRC Press, Boca Raton, 331-340 (2001).

[3] T.C. Oliveira. *DNA humano extraído a partir de larvas de dípteros coletadas em cadáveres no instituto médico legal de Pernambuco*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife (2015).

[4] E.P. Catts; M.L. Goff. Forensic entomology in criminal investigations. *Annu. Rev. Entomol.* 37(1): 253-272 (1992).

[5] E. Nakaza; C.R. Dias Filho; L.R. Fontes; S.F.S.M. Silva. A aplicação da entomologia forense nos crimes contra o meio ambiente: perspectivas para o Brasil. *Arq. Polícia Civil* 51: 11-24 (2009). In: C.R. Dias Fi-

lho; P.A.C. Francez et al. *Introdução à Biologia Forense*. Millennium Editora, Campinas, SP (2018).

[6] C.R. Dias Filho; C. Palanch. Novas práticas em entomologia forense: entomologia forense ambiental – Quando insetos refletem o seu meio. In: J. Oliveira-Costa. *Insetos Peritos: a entomologia forense no Brasil*. Millennium Editora, Campinas, SP (2013).

[7] C.R. Dias Filho; P.A.C. Francez et al. (org.). *Introdução à Biologia Forense*. 3 ed. Millennium Editora, Campinas, SP, 530 p. (2022).

[8] L.T. Carneiro; J. Oliveira-Costa. Entomologia forense e suas aplicações. In: *Entomologia Forense: Quando os insetos são vestígios*. 4 ed. Millennium Editora, Campinas, SP, 728 p. (2025).

[9] J. Amendt; C.P. Campobasso; E. Gaudry; C. Reiter; H.N. LeBlanc; M.J.R. Hall. Best practice in forensic entomology - standards and guidelines. *Int. J. Legal Med.* 121(2): 90-104 (2007).

[10] W.C. Bueno. Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. *Informação & Informação* 15(n. esp.): 1-12 (2010).

[11] M.R. Avelino; A.S. Silva; S.R. Leal. DEIXE SEU LIKE! O engajamento nas publicações com digital influencers no Instagram das DMOs brasileiras. *Rev. Bras. Pesq. Tur.* 14(3): 50-67 (2020).

[12] A.P.S. Leão; M.S. Duarte; L. Brandão; A.E. Freitas. As principais métricas para medir o sucesso de uma estratégia de marketing digital no Instagram. *Entrepreneurship* 7(2): 15-28 (2023).

[13] DemandSage. Instagram Statistics (2025) - Daily & Monthly Active Users. *DemandSage* (2025). Retirado em 10/12/2025, de https://www.demandsage.com/instagram-statistics/

[14] L. Lutz; R. Zehner; M.A. Verhoff; H. Bratzke; J. Amendt. It is all about the insects: a retrospective on 20 years of forensic entomology highlights the importance of insects in legal investigations. *Int. J. Legal Med.* 135: 2637-2651 (2021).

[15] A.V. Martins; J. Rocha; V. Forte. Divulgação científica e popularização do conhecimento nas redes sociais: produção e circulação dos conteúdos do projeto MíDIvulga do @lab.midi. *Rev. Bras. Ensino Jornal.* 13(31): 23-35 (2022).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Desenvolvimento de método analítico para determinação de ácido fórmico em amostras de sangue e humor vítreo, empregando a Cromatografia Gasosa com Detector por Ionização em Chama

R. S. A. Azevedo[a,*], C. S. L. Oliveira[a], G. C. Filho[a], L. C. R. Júnior[a], L. O. Pereira[a], I. Santos[a]

[a]*Laboratório Central de Polícia Técnica , Departamento de Polícia Técnica, Bahia (Ba), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: ravena.azevedo@xdpt.ba.gov.br. Tel.: +55-71-99405-5814.*

Palavras-chave: Formiato de metila; cromatografia; CG-DIC.

1. INTRODUÇÃO

O metanol é um álcool tóxico amplamente associado a casos de intoxicação aguda, podendo causar acidose metabólica severa, alterações neurológicas, distúrbios visuais e morte. Após absorção, o metanol é metabolizado no organismo por ação da álcool desidrogenase e da aldeído desidrogenase, originando formaldeído e, posteriormente, ácido fórmico/formiato, principal responsável pelos efeitos tóxicos observados.

Em análises toxicológicas e periciais, a determinação direta do metanol em sangue pode ser limitada em situações nas quais o paciente recebeu tratamento médico tardio, como administração de etanol, fomepizol ou hemodiálise, resultando na redução ou eliminação do composto da circulação sanguínea. Nessas circunstâncias, a quantificação de metabólitos relacionados à intoxicação torna-se uma importante ferramenta para confirmação diagnóstica e investigação pericial.

Considerando a baixa volatilidade e as características físico-químicas do ácido fórmico/formiato, realizou-se sua derivatização para formiato de metila, permitindo a análise por Cromatografia Gasosa com Detector por Ionização em Chama (CG-DIC/FID). Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver e validar um método analítico para determinação indireta de ácido fórmico/formiato em amostras de sangue por meio da quantificação do derivado formiato de metila.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Desenvolver e validar método analítico para determinação indireta de ácido fórmico/formiato por derivatização a formiato de metila utilizando Cromatografia Gasosa com Detector por Ionização em Chama (CG-DIC) com *headspace*.

2.2. Objetivos Específicos

- Estabelecer procedimento de preparo de amostra adequado;
- Estabelecer curva analítica linear na faixa de interesse toxicológico;
- Avaliar linearidade, precisão e exatidão do método.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Reagentes e Solventes

Foram utilizados ácido fórmico padrão analítico, metanol cromatográfico, ácido sulfúrico concentrado, e acetonitrila como padrão interno. Todas as soluções

foram preparadas utilizando vidrarias previamente descontaminadas e calibradas.

3.2. Condições Cromatográficas

As análises foram realizadas em sistema de Cromatografia Gasosa equipado com Detector por Ionização em Chama (CG-DIC) com *headspace*, da *thermoscientific*, colunas: TG-ALC1 (30m X 0,32 mm X 1,80µm) e TG-ALC2 (30m X 0,32 mm X 1,20µm); forno: 40 ºC, corrida isotérmica por 4 minutos; temperatura do injetor: 130 ºC; split flow: 50,0 mL/min; temperatura do detector: 250 ºC; modo de injeção: *headspace*; temperatura do loop: 80 ºC; temperatura de incubação do vial: 80 ºC por 15 min e tempo total de corrida de 4 minutos [1].

3.3. Preparo das Soluções Padrão

As soluções estoque de ácido fórmico foram preparadas em água ultra pura e posteriormente submetidas ao processo de derivatização para formação de formiato de metila. As curvas analíticas foram preparadas na faixa de 1 a 15 dg/L.

3.4. Processo de Derivatização

Como a cromatografia gasosa não detecta o ácido fórmico, é necessário convertê-lo em formiato de metila por esterificação (derivatização) antes de sua quantificação em amostras de sangue e humor vítreo. Os seguintes passos foram realizados para a derivatização do ácido fórmico: amostras de 500 µL contendo ácido fórmico foram transferidas para frascos de headspace; 250 µL de ácido sulfúrico concentrado foram adicionados como catalisador e a mistura foi homogeneizada; as amostras foram incubadas por 20 minutos à temperatura ambiente; foram adicionados 16 µL de metanol puro para a conversão do ácido fórmico em formiato de metila e 100 µL de acetonitrila (0,197 M, preparada a partir de acetonitrila pura por diluição com água) como padrão interno; a mistura resultante foi agitada. e finalmente, após uma incubação de 30 minutos à temperatura ambiente, as amostras foram levadas para injeção [2].

4. VALIDAÇÃO ANALÍTICA

A validação foi conduzida conforme recomendações nacionais e internacionais aplicáveis a métodos bioanalíticos.

4.1 Linearidade

A linearidade foi avaliada por construção de curva analítica em diferentes níveis de concentração, sendo estes 0,25; 0,50; 1,00; 2,50; 5,00; 7,00; 10,00; e 15,00 $dg.L^{-1}$. A relação entre área cromatográfica e concentração apresentou comportamento linear, como mostrado na Fig. 1.

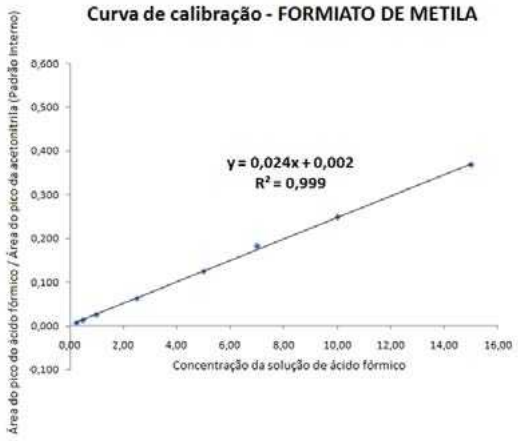


Figura 1. Curva de calibração do Formiato de Metila

A curva de calibração do formiato de metila apresentou comportamento linear na faixa de concentração avaliada, conforme demonstrado pela equação da reta descrita na Eq. 1.

$$y = 0{,}024x + 0{,}001 \quad (1)$$

O coeficiente de determinação (R^2) obtido foi 0,999, indicando excelente correlação linear entre a resposta instrumental e as concentrações do analito. O valor de R^2 próximo de 1,0 demonstra que o modelo linear explica praticamente toda a variabilidade dos dados experimentais, evidenciando adequada linearidade do método analítico.

A inclinação da curva (0,024) representa a sensibilidade do método, demonstrando aumento proporcional da resposta analítica com o incremento da concentração do analito. O intercepto próximo de zero (0,001) indica baixa contribuição sistemática do sinal de fundo, confirmando ausência de interferência significativa na resposta instrumental.

A regressão linear foi construída utilizando a média das injeções dos padrões de calibração, sem forçar a passagem pela origem (0,0), procedimento recomendado quando o intercepto experimental apresenta relevância estatística. Os pontos experimentais mostraram distribuição homogênea ao longo da faixa de trabalho, sem desvios importantes da linearidade.

4.2 Precisão

A precisão intraensaio foi calculada por meio do coeficiente de variação percentual (%CV) das replicatas analisadas em cada nível de controle de qualidade (CQB = 3,00 $dg.L^{-1}$; CQM = 8,00 $dg.L^{-1}$; e CQA = 13,00 $dg.L^{-1}$) no mesmo dia analítico. Para cada con-

centração, foram realizadas cinco determinações independentes, sendo calculadas a média, o desvio padrão (DP) e, posteriormente, o %CV, conforme a Eq. 2.

$$\%CV = \frac{DP}{Média} \; x \; 100 \qquad (2)$$

onde:

DP = desvio padrão das replicatas;

Média = média das concentrações obtidas experimentalmente.

A avaliação da precisão demonstrou adequada repetibilidade do método para o formiato de metila, apresentando coeficientes de variação (%CV) inferiores a 10% em todos os níveis de controle avaliados (CQB = 3,00 dg.L^{-1} , CQM = 8,00 dg.L^{-1} e CQA = 13,00 dg.L^{-1}) ao longo dos três dias de análise. Os valores de %CV variaram de 1,06% a 8,71%, indicando baixa dispersão entre as replicatas e boa consistência analítica do método.

Os melhores resultados de precisão foram observados no nível médio (CQM), com %CV entre 1,06% e 4,52%, evidenciando excelente estabilidade analítica nessa faixa de concentração. Para os níveis baixo (CQB) e alto (CQA), embora tenham sido observadas variações discretamente maiores, os resultados permaneceram dentro dos limites geralmente aceitos para métodos bioanalíticos e analíticos, demonstrando reprodutibilidade satisfatória. Os resultados para a avaliaçãoda precisão são apresentados na Tab. 1.

4.3 Exatidão

A exatidão foi expressa como percentual de recuperação (%recuperação), sendo calculada pela razão entre a concentração média obtida e a concentração nominal, conforme a Eq. 3.

$$\%recuperação = \frac{Concentração\ obtida}{Concentração\ nominal} \; x \; 100 \qquad (3)$$

Tabela 1. Resultados da precisão e exatidão do método

Precisão e Exatidão				
Analito	**Controles**	**CQB**	**CQM**	**CQA**
FORMIATO DE METILA	**Concentrações**	**3,00**	**8,00**	**13,00**
Dia 1	1	2,42	7,52	13,36
	2	2,81	8,46	12,37
	3	2,74	8,03	11,98
	4	2,95	8,04	12,76
	5	3,06	7,73	12,59
	precisão (%CV)	**8,71**	**4,48**	**4,05**
	exatidão (%recuperação)	**97,20**	**92,05**	**87,39**
Dia 2	6	3,07	8,09	13,63
	7	3,12	8,23	13,12
	8	3,05	8,08	13,21
	9	2,82	8,05	13,28
	10	2,79	8,23	11,67
	precisão (%CV)	**5,12**	**1,06**	**5,84**
	exatidão (%recuperação)	**97,03**	**91,86**	**87,02**
Dia 3	11	2,54	7,62	11,65
	12	2,87	8,58	13,25
	13	2,79	8,13	12,01
	14	3,00	8,12	13,49
	15	3,11	7,83	12,53
	precisão (%CV)	**7,65**	**4,52**	**6,25**
	exatidão (%recuperação)	**97,14**	**91,94**	**87,42**

Os valores de recuperação variaram entre 87,02% e 97,20%, conforme apresentado na Tab.1. O CQB apresentou recuperações próximas de 97%, indicando boa concordância com o valor nominal. Já o CQM apresentou recuperações em torno de 92%, enquanto o CQA apresentou valores próximos de 87%, sugerindo leve subestimação nas maiores concentrações, porém ainda dentro de limites aceitáveis para validação bioanalítica.

4. CONCLUSÕES

O método analítico desenvolvido para determinação indireta de ácido fórmico/formiato em sangue por derivatização a formiato de metila e análise por Cromatografia Gasosa com Detector por Ionização em Chama apresentou desempenho satisfatório quanto aos parâmetros de linearidade, precisão e exatidão.

A metodologia demonstrou potencial aplicação em análises toxicológicas periciais relacionadas à intoxicação por metanol, especialmente em situações nas quais a determinação direta do tóxico encontra-se comprometida devido ao tratamento médico previamente realizado, ou a apresentação de sintomas de maneira tardia por parte do paciente.

Os resultados obtidos evidenciam que a quantificação do derivado formiato de metila constitui alternativa confiável para confirmação indireta da exposição ao metanol em amostras biológicas.

AGRADECIMENTOS

Ao XXVII Congresso Nacional de Criminalística pelo espaço de publicação do trabalho, e ao Departamento de Polícia Técnica do Estado da Bahia, pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS

[1] BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Secretaria Nacional de Segurança Pública. Perícia Criminal – Toxicologia Forense: Procedimentos Operacionais Padrão (POP). ***10***. *Brasília: MJSP/SENASP* (2024). Retirado em 28/05/2026, de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/analise-e-pesquisa/pop/pops-pericia-criminal-2024-toxicologia-forense-vol-10-pdf.pdf

[2] H. Ghorbani, A. Nezami, B. Sheikholeslami, A. Hedjazi, & M. Ahmadimanesh; Simultaneous measurement of formic acid, methanol and ethanol in vitreous and blood samples of postmortem by headspace GC-FID. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, ***13(1)***, 1-8, (2018).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Caracterização da Distribuição de Matches em Crimes de Roubo: Análise das Coincidências Genéticas Relacionadas ao Assalto à Empresa de Valores em Guarapuava (2022)

M. P. B. Celli[1,2], P. E. Fornari[2], J. Brodzinski[2], A. C. M. Braga[2], C. M. S. Becker[2], M. Malaghini[2], M. M. T. Rosário[2], P. H. Canezin[2], J. A. M. T. Luz[2], L. D. G. Kobachuk[2]

[1]Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas, Curitiba, PR, Brasil
[2]Polícia Científica do Paraná, Seção de Genética Molecular Forense, Curitiba, PR, Brasil
**Endereço de e-mail para correspondência: mariabcelli@gmail.com Tel.: +55-41 98733-7396.*

Palavras-chave: Coincidência genética, Guarapuava, Identificação, Perfis genéticos, Vestígios.

1.INTRODUÇÃO

Em abril do ano de 2022, em Guarapuava no Estado do Paraná, uma quadrilha de mais de 30 integrantes praticou uma tentativa de roubo dos cofres da transportadora de valores Protege (antiga Proforte). No dia 17 de abril, por volta das 22h, o grupo criminoso incendiou caminhões para bloquear a saída de viaturas do 16º Batalhão de Polícia Militar e o acesso à rodovia BR-277. A ação visava distrair e impedir a resposta policial durante a execução do roubo.

Entretanto, a quadrilha não obteve êxito em acessar o cofre da empresa. Após a tentativa frustrada, os suspeitos acabaram por fugir da área e, durante a fuga, diversos materiais foram deixados para trás. Materiais esses, que posteriormente foram coletados por peritos de local da Polícia Científica do Paraná (PCIPR) como vestígios e mandados para a Seção de Genética Molecular Forense (SGMF) da mesma.

Entre os materiais coletados encontram-se bitucas de cigarro, swabs de balaclavas, vestimentas, cédulas fiduciárias, swabs de veículos, entre outros. Ao total, foram processados 94 vestígios nomeados de V1 até V94. Os vestígios passaram por amostragem, extração, quantificação, amplificação, sequenciamento e análise de resultados. A partir disso foram obtidos 11 perfis genéticos de origem desconhecida, oriundos de 26 vestígios, que foram inseridos no Banco de Perfis Genéticos da Polícia Científica do Estado do Paraná (BPG-PR) e no Banco Nacional de Perfis Genéticos (BNPG) em 10 de junho de 2022.

Este trabalho tem o objetivo de avaliar a contribuição do BNPG na identificação da origem de perfis genéticos no crime ocorrido em Guarapuava em 2022 e avaliar o padrão de dispersão dos perfis relacionados a crimes organizados no território nacional.

2.MATERIAIS E MÉTODOS

As análises dos matches do caso Guarapuava foram feitas consultando planilhas de registros de acompanhamento de caso da Seção de Genética Molecular Forense da Polícia Científica do Paraná. Nelas foram evidenciadas as datas dos matches, a numeração e a caracterização de seus vestígios e a separação entre os grupos de match.

Os detalhes dos perfis obtidos pelos órgãos de perícias dos diferentes estados foram obtidos através da leitura de formulários de match trocados entre estes e a PCIPR. A Tabela 1 foi produzida com o programa Excel (Microsoft Office Standard 2019) e transformada em PNG no programa Paint. Já a Figura 1 foi gerada na ferramenta online Canva utilizando como base um desenho do mapa do Brasil.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

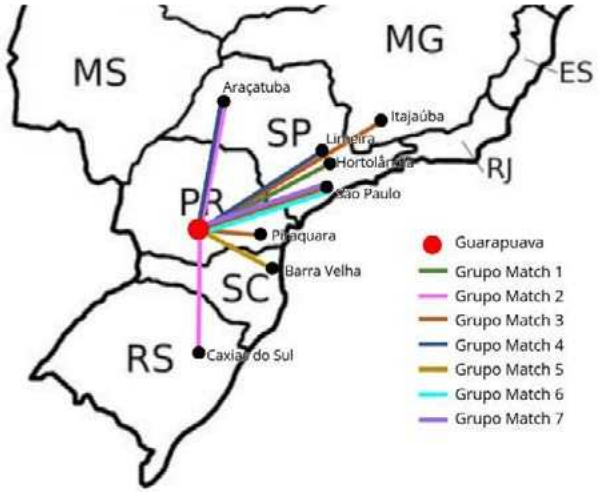
Dos 94 vestígios processados na SGMF, foram obtidos 11 perfis genéticos, 7 deles obtiveram

correspondência nos bancos de dados estadual e nacional ainda no ano de 2022. Esta correlação é chamada de match genético. No decorrer dos anos, constataram-se 6 matches adicionais envolvendo os mesmos 7 perfis, sendo a maioria deles coincidentes com espécimes provenientes de casos investigados pela Polícia Federal ou pelo estado de São Paulo. Para fins de organização, foram criados grupos de matches com todas as coincidências relacionadas ao mesmo perfil genético proveniente de um conjunto de vestígios do caso Guarapuava (Tab. 1). Até o momento, existem 7 grupos de matches nomeados de 1 a 7, que conectam perfis genéticos de indivíduos relacionados ao caso Guarapuava com crimes ocorridos em outros estados brasileiros (Fig. 1).

Tabela 1. Resumo dos perfis e matches do caso Guarapuava, identificando suas cidades e materiais de origem, bem como sua posição nos grupos de matches.

	NÚMERO DE MATCHES	DATA DO MATCH	AMOSTRA	CIDADE DE ORIGEM	ÓRGÃO DE PERÍCIA	IDENTIDADE DO PERFIL CONHECIDA
GRUPO MATCH 1	1					
	1					
GRUPO MATCH 2	1					
	1					
	1					
GRUPO MATCH 3	1					
	1					
	1					
GRUPO MATCH 4	1					
	1					
GRUPO MATCH 5	1					
GRUPO MATCH 6	1					
GRUPO MATCH 7	1					

Figura 1. Mapa da região Sul e parte da região Sudeste do Brasil que mostra a ligação entre os perfis que obtiveram coincidências genéticas e suas respectivas cidades, possibilitando visualizar a conexão formada entre os grupos de matches



3.1. Grupo Match 1

O Grupo Match 1 é formado por 3 coincidências envolvendo o mesmo perfil genético proveniente dos vestígios V27, V33, V34, V35, V36 e V39 do caso Guarapuava. Os quais compreendem: 12 cédulas fiduciárias; swabs de fuzil, do para-lama do veículo com placas FHJ-1291 e do para-brisa do veículo com placas NLF-8569; e pedras.

A primeira coincidência genética evidenciada aconteceu no dia 12/06/2022, e decorreu dos vestígios citados e um material apreendido de um suspeito que foi capturado pela polícia no estado de São Paulo (Hortolândia).

No dia 23/04/2023, verificou-se uma nova coincidência, dessa vez transcorreu entre os vestígios do Paraná e vestígios da Polícia Federal (PF), ambos coletados no âmbito do caso Guarapuava.

Posto isto, o perfil genético envolvido nas coincidências do grupo match 1 teve sua origem identificada e duas investigações (PR e PF) foram auxiliadas pelo BNPG.

3.2.Grupo Match 2

Compondo o Match 2, encontram-se os vestígios V61 e V68, que caracterizam um swab de balaclava e um swab de luva. A primeira coincidência constatada do Match 2 ocorreu no dia 12/06/2022 e foi com um swab de um relógio que estava dentro de um carro encontrado em Araçatuba-São Paulo. O veículo supostamente tinha relação com crimes de roubo a agências do Banco do Brasil e da Caixa Econômica Federal na região central de Araçatuba.

Alguns anos depois, dia 18/08/2024, houve outra coincidência genética envolvendo outra amostra da PF, um swab coletado de boné abandonado no aeroporto de Caxias do Sul-Rio Grande do Sul, processado e adicionado no BNPG pela Polícia Federal.

No mês de dezembro de 2025, no dia 29, mais um match foi identificado, desta vez com o material coletado de uma escova de dentes de um suspeito de Caxias do Sul-RS, já conhecido pela Polícia Federal. Sendo assim, a origem do perfil genético dos vestígios V61 e V68 do caso Guarapuava foi identificada.

3.3. Grupo Match 3

No Grupo do Match 3, constam-se os vestígios V21, V45 e V59. Estes são, respectivamente, blusa moletom, swab de frasco inalador e swab de balaclava. Sua primeira coincidência se deu no dia 28/08/2022 e ocorreu com o material coletado de um cinto de se-

gurança de um veículo relacionado à um roubo em uma agência da Caixa Econômica Federal situada em Itajubá-Minas Gerais, o material foi processado e adicionado ao banco nacional pela Polícia Federal.

Sua segunda coincidência genética foi constatada no dia 28 de janeiro de 2024. Ela integrou os vestígios do caso Guarapuava e um perfil masculino obtido de colete balístico e processado e adicionado ao banco nacional pela Polícia Científica de São Paulo. O colete foi apreendido após abordagem de um veículo na Vila Jacuí-São Paulo, capital.

Ainda no ano de 2024, foi realizado um confronto fechado com um suspeito que estava detido na cidade de Piraquara-Paraná e os vestígios V21, V45 e V59. O confronto deu correspondências alélicas com Índice de Verossimilhança significativo. Sendo assim, os perfis genéticos dos vestígios do Caso Guarapuava, da PF e de São Paulo tiveram sua origem identificada.

3.4. Grupo Match 4

Constituindo o Match 4, temos os vestígios V58 e V69, que compreendem um swab de balaclava e um swab de luva. A primeira coincidência genética do Grupo Match 4 foi relatada no dia 12/06/2022 e ocorreu com um swab de protetor auditivo coletado e processado pela Polícia Federal. O protetor auditivo foi encontrado dentro de um veículo supostamente relacionado a um roubo à agências do Banco do Brasil e da Caixa Econômica Federal na região central de Araçatuba-São Paulo.

No dia 27/11/2022 verificou-se outro match. Desta vez, a coincidência decorreu de um perfil de um Resto Mortal Identificado (RMI) processado e inserido no banco nacionalpela Polícia Científica de São Paulo. A amostra do RMI foi coletada na cidade de Limeira-São Paulo. Sendo assim, o perfil genético que caracteriza o Match 4 também teve sua origem identificada, novamente graças ao Banco Nacional de Perfis Genéticos.

3.5. Grupo Match 5

Definindo o Grupo Match 5, temos os vestígios V23, V43 e V67, que compreendem: moletom; swab de escova de dente; e swab de boné. Até hoje, foi constatada apenas uma coincidência genética com o perfil do Match 5, dada no dia 12/06/2022. Esta coincidência se deu com o material oriundo de um swab de boné encontrado em um carro, processado e adicionado ao banco nacional pela PF, que teria sido utilizado em uma tentativa de furto ocorrido na Agência da Caixa Econômica Federal na cidade de Barra Velha-Santa Catarina.

3.6. Grupo Match 6

O Match 6 é formado pelo vestígio V26 que é caracterizado por uma escova de dente. O match ocorreu no dia 6 de novembro de 2023 e se deu com um swab de urina coletado de vaso sanitário em local de latrocínio na cidade de São Paulo-São Paulo. Este material foi coletado, processado e adicionado ao banco pela Polícia Científica de São Paulo.

3.7. Grupo Match 7

Por fim, verificamos o Grupo Match 7, composto pelos vestígios V2, V6, V8 3 V64, originados, respectivamente, de boné, escova de dentes, pente de cabelo e swab de balaclava. Assim como os grupos de match 5 e 6, o Match 7 apresentou apenas uma coincidência genética no banco até hoje. Esta coincidência ocorreu no dia 05/11/2023 com um condenado da cidade de São Paulo. Assim sendo, o perfil do Match 7 do caso Guarapuava também teve sua origem identificada.

3.8. Considerações

Nota-se que as coincidências genéticas que foram relatadas no dia 12/06/2022 se tratam de confrontos entre os perfis preexistentes no Banco Nacional de Perfis Genéticos com os perfis do caso Guarapuava que foram inseridos no banco no dia 10/06/2022. Os matches identificados após esta data se referem à inserção posterior de perfis pelos outros órgãos de perícia. Até o momento, a origem dos perfis genéticos dos grupos Match 5 e 6 não teve sua origem identificada, espera-se que com a inserção no banco de novos condenados e/ou suspeitos essa identidade venha a ser conhecida.

2. CONCLUSÃO

O Brasil é grande em extensão e ainda assim não são raros os casos em que criminosos e até mesmo quadrilhas efetuam crimes em diferentes regiões do país, em especial crimes organizados como roubos a bancos e empresas. Verificamos isso nos resultados apresentados dos grupos de matches no caso Guarapuava.

Neste imenso país há também uma quantidade grande de forças policiais que atuam de forma regionalizada, como Policiais Militares, Civis e órgãos de Perícia, sendo que cada um trabalha com potencial de coleta de vestígios que são utilizados prioritariamente como subsídio para suas investigações locais. Até

mesmo a Polícia Federal atua em unidades descentralizadas em nosso país. Sendo assim, dados como os apresentados neste trabalho mostram a importância de uma centralização destas cruciais informações de vestígios coletados, sendo no presente caso, os de perfis genéticos obtidos pelos órgãos de Perícia em suas seções de Genética Forense. Centralização esta que se dá graças ao Banco Nacional de Perfis Genéticos.

Além da importâncias da inserção dos dados no Banco Nacional de Perfis Genéticos, há de se ressaltar a importância da visão que deve ser adotada em todas as Polícias no Brasil, que é a de considerar o potencial de objetos simples e que normalmente não seriam considerados relevantes por não apresentarem vestígios latentes, tomando-se como exemplo o descrito a seguir: cédulas fiduciárias, cintos de segurança de veículos, protetores auditivos, urina, entre outros. Isto implica em mudanças consideráveis nos exames de locais de crimes que passam a ter uma gama muito maior de possíveis vestígios a serem coletados. Além disso, o local de crime também precisa ser visto com novos olhos, quando se pensa em contaminação destes vestígios não apenas por peritos realizando a coleta mas também por outros policiais que adentram ao local antes da chegada da perícia e não tomam os devidos cuidados necessários para a preservação de vestígios com tamanho evolução no potencial dos exames genéticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CNN BRASIL. *Criminosos atacam transportadora e batalhão da PM em Guarapuava, no interior do Paraná.* CNN Brasil, 17 abr. 2022. Disponível em: CNN Brasil. Acesso em: 18 mai. 2026.

[2] G1. *Veja o que se sabe sobre o ataque de assaltantes que aterrorizou e deixou feridos em Guarapuava, no Paraná*. Campos Gerais e Sul, 18 abr. 2022. Disponível em: https://g1.globo.com/pr/campos-gerais-sul/noticia/2022/04/18/veja-o-que-se-sabe-sobre-o-ataque-de-assaltantes-que-aterrorizou-guarapuava-e-deixou-feridos-no-parana.ghtml. Acesso em: 18 mai. 2026.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Identificação Humana no Paraná: Processamento de Amostras Biológicas de Cadáveres Custodiadas (2014-2025) e Integração ao Banco Nacional de Perfis Genéticos

K. M. Silva[a,b], T. O. Tanaka[b], R. Maia[b], M. N. Souza[b], T. A. Belo[b]

[a]*Universidade Federal do Paraná*
[b]*Seção de Genética Molecular Forense da Polícia Científica do Paraná*
**Endereço de e-mail para correspondência:keissielly@ufpr.br. Tel.: +55-41-99119-0870.*

Palavras-chave: Genética molecular, Identificação, Desaparecidos, Banco Nacional de Perfis Genéticos, CODIS.

1.INTRODUÇÃO

No âmbito da ciência forense, a elucidação de crimes e a localização de pessoas desaparecidas dependem fundamentalmente de métodos robustos de identificação humana. No cenário da perícia internacional, o Guia de Identificação de Vítimas de Desastres (DVI), desenvolvido em 1984 pela INTERPOL, estabelece critérios rigorosos para esse processo, dividindo-os em identificadores primários e secundários. Os elementos primários integram um método inequívoco de individualização de um determinado sujeito, exigindo o uso da chamada "Tríade de Identificação Humana". Essa tríade é composta por três pilares metodológicos de alta confiabilidade, são eles: Datiloscopia (análise das impressões digitais), Odontologia forense (análise da arcada dentária) e a Genética Molecular Forense (análise do DNA). Embora sejam três métodos distintos, todos eles dependem da comparação ou confronto entre uma amostra vestígio e uma amostra padrão, a qual configura-se por possuir origem conhecida. Os elementos secundários são todos aqueles capazes de atuar de forma complementar na identificação, tais como: tatuagens, cicatrizes, marcas de nascença ou objetos pessoais (INTERPOL,2023).

A dinâmica do processo de decomposição natural do corpo post mortem, somada a variações climáticas, ambientais e à causa da morte, torna a individualização um grande desafio, de modo que os métodos primários baseados em tecidos moles frequentemente se mostram insuficientes (BUTLER, 2005; VIEIRA, 2015; FILHO *et al*., 2022). Quando um cadáver não identificado é encontrado, a triagem inicial por meio da necropapiloscopia é frequentemente inviabilizada por fatores como putrefação extrema, carbonização ou mutilação em desastres em massa. A antropologia forense atua na sequência para estabelecer o perfil biológico do indivíduo, determinando sexo, idade estimada, estatura e ancestralidade (COSTA, 2018). Contudo, o sucesso subsequente da odontologia forense depende da existência prévia de registros radiográficos ou prontuários odontológicos, documentações frequentemente ausentes na realidade pericial brasileira (BUTLER, 2011; SILVA, 2018; MACHADO *et al*., 2021).

É justamente perante o esgotamento ou a impossibilidade dos métodos anteriores que a Genética Molecular Forense se consolida como ferramenta de maior robustez para a identificação humana. Enquanto a maioria das evidências é degradada por diversos fatores extrínsecos, o DNA permanece como código definitivo de individualização. Em cadáveres recentes ou em condições preservadas, as amostras hematológicas assumem papel protagonista como a fonte mais acessível de DNA de alta qualidade. No entanto, quando o cenário evolui para um severo estresse biológico e ambiental que inviabiliza a coleta de sangue, os ossos e dentes tornam-se os principais alvos da aná-

lise molecular. Devido ao isolamento e à densidade de sua matriz mineral, essas estruturas rígidas agem como uma barreira protetora que preserva o DNA endógeno contra a ação destrutiva de fatores externos (CÂNDIDO; FILHO; MOTA, 2022; RODRIGUES; FRANCEZ; GARRIDO, 2022). Assim, a análise genética frequentemente resolve a identificação humana em casos de alta complexidade.

A viabilização dessa tecnologia molecular reflete-se diretamente no panorama da segurança pública e dos direitos humanos, oferecendo uma resposta precisa e eficiente diante do elevado índice de desaparecimentos registrado nos bancos de dados policiais brasileiros, realidade que se estende ao Estado do Paraná. A taxa de desaparecidos no Brasil atinge 39,94 por 100 mil habitantes, totalizando 85.232 pessoas desaparecidas no ano de 2025 (MJSP, 2026). Sob essa ótica, a confirmação da identidade das vítimas por meio do DNA tem dupla função: primeiramente, cumpre um papel humanitário ao garantir às famílias o direito ao luto e a um sepultamento digno; em segundo lugar, viabiliza a própria investigação criminal. Dessa forma, o Estado assegura a justiça e a paz social, permitindo a busca por eventuais responsáveis, além de esclarecer a verdadeira causa da morte.

Entretanto, o estabelecimento desse vínculo nem sempre ocorreu de forma direta e imediata. De acordo com o fluxo histórico da Polícia Científica do Paraná, todos os cadáveres submetidos a exame na Seção de Necropsia Forense devem ter amostras biológicas coletadas e armazenadas na Unidade de Custódia da Seção de Genética Molecular Forense, variando o tecido e o método de conservação conforme o estado do corpo. Contudo, em períodos anteriores, quando a identificação por outros meios era infrutífera e não havia provocação formal da autoridade competente, a amostra biológica permanecia preservada sem ser processada. Esse gargalo começou a ser solucionado a partir de 2025, com a instituição de um fluxo otimizado focado na identificação sistemática por exame genético e na criação de uma natureza de exame específica para o processamento e inserção dos perfis nos bancos de dados.

Diante desse cenário, subsiste a probabilidade de que familiares de pessoas desaparecidas possuam seus perfis genéticos cadastrados no Banco Nacional de Perfis Genéticos (BNPG), enquanto os restos mortais correspondentes permanecem guardados como passivo não identificado. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo o processamento de amostras hematológicas e ósseas de cadáveres não identificados e não reclamados, registrados pela Unidade de Execução Técnico-Científica (UETC) de Curitiba entre os anos de 2014 e 2025. Busca-se a obtenção e a inserção desses perfis no BNPG por meio do software *Combined DNA Index System* (CODIS 9.0), visando alcançar eventuais coincidências com os perfis de familiares e, consequentemente, viabilizar a identificação civil e a restituição da dignidade a essas vítimas.

2. METODOLOGIA

2.1.Levantamento de dados

Por meio de sistemas informatizados, foi realizado um levantamento do número de cartões de amostras hematológicas e ósseas de cadáveres não identificados entre os anos de 2014 e 2025, preservadas na unidade de custódia da seção de Genética Molecular Forense da Polícia Científica do Paraná. Em seguida, foram eliminados aqueles que eventualmente já houvessem sido processados e inseridos no Banco, além daqueles que já haviam sido identificados por outros métodos. Para cada uma das amostras restantes, um protocolo de Requisição de Exame Pericial (REP) foi aberto no Sistema Gestor de Documentos e Laudos (GDL), bem como uma Ficha de Acompanhamento de Caso (FAC) individual.

Para as amostras processadas cuja obtenção de perfil genético foi viável e passível de inserção no Banco nacional de Perfis genéticos, utilizou-se os sistemas Laudos IML e GDL da Polícia Científica para o rastreio de metadados como: sexo, idade aproximada, grupo étnico, data de encontro do cadáver, local onde o corpo foi encontrado, características secundárias como aspectos físicos e descrição das vestes.

2.2. Processamento das amostras e extração do DNA

O processamento das amostras ocorre de maneira progressiva, respeitando o fluxo de solicitações com prioridade legal, de forma que essas amostras sejam integradas aos lotes de análise de acordo com a capacidade operacional disponível no laboratório.

As amostras hematológicas preservadas em cartão FTA são processadas no perfurador automático *Card Processing Automation 200* (CPA200™) e são amplificadas por meio de PCR Direta. O cartão com o material restante é armazenado como contraprova.

Para as amostras de fragmentos ósseos e dentes, o procedimento requer uma preparação mais morosa. O material é fracionado em porções de aproximadamente 8 3 cm utilizando instrumentos como martelos, facas e cutelos, e posteriormente pulverizado no

moinho misturador MM 400 (Retsch). Esse processo de moagem é indispensável para facilitar a lise celular e a exposição do DNA na matriz óssea, além de contribuir para a eliminação de potenciais inibidores da PCR (DABNEY et al., 2013).

Após a pulverização, uma alíquota de 50µg é pesada e transferida para microtubo, enquanto o volume restante é acondicionado em tubos de 2mL como contraprova.

As amostras que precisam de desmineralização são incubadas com 1mL de EDTA 0,5M pH 8,0 a 37 °C sob agitação de 950 RPM *overnight*. Na sequência, o material é centrifugado, o sobrenadante é descartado e o *pellet* resultante é lavado com água ultrapura.

O isolamento do material genético segue o protocolo *PrepFiler® BTA Automated Forensic DNA Extraction* (Applied Biosystems™). Finalizada a lise, alíquotas de 180µL do sobrenadante são transferidas para novos microtubos e submetidas às fases automatizadas de purificação no robô *ID STARlet* da Hamilton Robotics. Para monitorar possíveis contaminantes no processo, são incluídos controles positivo, negativo e um branco de extração.

Os extratos de DNA purificados e eluidos em placa de 96 poços são encaminhados para a quantificação no sistema de PCR em Tempo Real *QuantStudio™ 5 Real-Time PCR System for Human Identification* da Applied Biosystems™, utilizando o kit comercial *Investigator® Quantiplex® Pro* fabricado pela QIAGEN.

2.3. Amplificação e eletroforese

A amplificação é feita via PCR direcionada a regiões de microssatélites *Short Tandem Repeats* (STR), com o objetivo de replicar trechos específicos do genoma e gerar bilhões de cópias para análise (BUTLER, 2005). Utiliza-se o kit comercial *PowerPlex® Fusion 6C* fabricado pela Promega, processando em 27 ciclos para as amostras de sangue e em 30 ciclos paras as amostras ósseas no termociclador *Verte™ Thermal Cycl*er da Thermo Fisher Scientific com variação térmica entre 96 °C e 60 °C. E, ao término da ciclagem, as amostras são preservadas sob refrigeração a 4 °C.

O preparo pós-PCR e a distribuição dos reagentes na placa de 96 poços é feito de forma automatizada pelo pipetador automático *MicroLab Prep* da Hamilton Robotics. Nessa etapa, os produtos de amplificação, os controles e o *ladder* são adicionados a uma solução de formamida *Hi-Di™* e padrão de tamanho molecular (*Size Standard*). Para promover a separação das duplas fitas de DNA, a mistura é submetida à desnaturação térmica no termociclador. Na sequência, as amostras desnaturadas são processadas por eletroforese capilar no equipamento 3500 da Applied Biosystems™, utilizando o software *Data Collection* v3.1.

2.4. Análise e inserção no BNPG

Por fim, a análise foi realizada por meio *do software GeneMapper™* ID-X v1.6. E os perfis genéticos considerados válidos pela Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos, que são definidos pela presença de, no mínimo, nove dos treze marcadores do sistema *core* CODIS foram inseridos no Banco de Perfis Genéticos por meio do *software* CODIS 9.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados 229 registros de cadáveres inumados sem identificação. Em seguida, foram eliminados aqueles que eventualmente já houvessem sido processados e inseridos no Banco, além daqueles posteriormente identificados por outros métodos, restando 86 amostras a serem processadas. Até o momento, foram processadas 14 amostras hematológicas e 14 amostras ósseas. Das amostras de sangue em cartão FTA, 13 apresentaram perfil completo, isto é, todos os marcadores do kit *PowerPlex® Fusion 6C System* foram detectados. Destes perfis, 12 eram masculinos e 01 feminino. Em 01 amostra não foi obtido perfil genético viável, essa amostra será então, submetida a um processo de repetição, dessa vez, utilizando as técnicas de extração e amplificação convencionais e não apenas a PCR Direta.

O processamento das amostras ósseas resultou em 08 perfis genéticos completos e 06 perfis inviáveis ou incompletos. Dos resultados completos, 07 são provenientes de cadáveres do sexo masculino e 01 do feminino. As amostras que não obtiveram sucesso na amplificação do perfil serão submetidas a um processo de repetição, desta vez, incluindo a etapa de desmineralização da matriz óssea.

A inviabilidade de obtenção do perfil genético de algumas amostras tanto de sague, quanto de ossos, pode ser explicada pela degradação sofrida ao decorrer do tempo, visto que se tratava de amostras antigas. Além disso, as condições relacionadas a cada caso, como o estado em que o corpo foi encontrado, podem ter contribuído para o processo de degradação.

De todo modo, os perfis considerados completos ou parciais viáveis, ou seja, aquelas que apesar da perda de um ou mais loci, atingem no mínimo 9 dos 13 marcadores CODIS foram inseridos no Banco Nacional de Perfis Genéticos. Para isso, o levantamento de metadados de cada caso em particular fe-

z-se extremamente necessário de forma a garantir a confiabilidade das informações ali registradas para cada SML/SMAP.

Considerando o baixo número de amostras processadas até o momento, e a recente inserção dos perfis, nenhum *rank*, ou seja, nenhuma compatibilidade de perfis obtidos de uma amostra vestígio com uma amostra padrão de familiar inserido no banco foi observado até então.

Caso algum *rank* venha a ser observado futuramente, entre estas ou entre os seguintes perfis a serem processados e inseridos, será necessário realizar a repetição tanto da amostra vestígio quanto da amostra padrão dos familiares cujo perfil foi compatível, bem como a reanálise. Este protocolo é feito para todos os *ranks* que acontecem no banco e garante a confiabilidade dos resultados obtidos eliminando o risco de falsos positivos de forma a assegurar a integridade do processo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho reitera a Genética Molecular Forense como ferramenta indispensável e de máxima robustez para a identificação humana, especialmente nos cenários complexos onde os demais métodos esgotam suas possibilidades. O processamento sistemático do alto número de passivo das amostras de sangue e ósseas da UETC Curitiba vem nos permitindo transformar vestígios biológicos guardados em dados digitais e catalogados de forma segura.

Ainda que a degradação por ação do tempo e dos fatores *post-mortem* se mostrem como um desafio técnico para obtenção dos perfis, a metodologia de automação nos processos e as repetições realizadas geram o máximo possível de perfis viáveis, para que a inserção no banco seja bem-sucedida.

Embora nenhum *rank* tenha sido observado até agora, as expectativas e projeções para a sequência do trabalho são bastante promissores para os próximos processamentos e inserções, de forma que seja possível viabilizar a identificação de cadáveres anônimos e devolver sua dignidade e o direito ao luto das famílias de pessoas desaparecidas, materializando compromisso da Polícia Científica do Paraná com os direitos humanos e a segurança pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, S. K. **Estudo das aplicações forenses do DNA na obtenção da identificação humana.** 2017. 27 f. Monografia (Graduação) - Faculdade de Ciências da Educação e Saúde, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Política Nacional de Busca de Pessoas Desaparecidas. Disponível em: <https://www.gov.br/mj/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/desaparecidos/politica-nacional>. Acesso em: 25 de maio 2026.

BUTLER, J. M. **Advanced topics in forensic DNA typing**: methodology. San Diego, CA: Academic Press, 2011.

BUTLER, J. M. **Forensic DNA typing**. 2. ed. Londres: Elsevier Academic Press, 2005.

CÂNDIDO, I. M.; FILHO, C. R. D.; MOTA, M. F. Coleta e preservação dos vestígios biológicos. *In*: FILHO, C. R. D.; FRANCEZ, P. A. C. **Introdução à biologia forense**.

3. ed. Campinas: Millenium Editora, 2022. p. 441-472.

COSTA, L. R. S. Identificação médico-legal. *In*: JOBIM, L. F.; COSTA, L. R. S.; SILVA, M.; JOBIM, M. S. L. **Identificação humana**: identificação médico legal, perícias odontológicas, identificação humana pelo DNA. 3. ed. Campinas: Millenium Editora, 2018. p. 1-91.

DABNEY, J. *et al*. Complete mitochondrial genome sequence of a Middle Pleistocene cave bear reconstructed from ultrashort DNA fragments. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, USA, v. 110, n. 39, p. 15758–15763, 2013.

FILHO, C. R. D.; FRANCEZ, P. A. C.; FILHO, S. J. M. R.; BOTTEON, V. W.

Entomologia forense. *In*: FILHO, C. R. D.; FRANCEZ, P. A. C. **Introdução à biologia forense**. 3. ed. Campinas: Millenium Editora, 2022. p. 121-226.

GARRIDO, R. G.; RODRIGUES, E. L. O Banco de Perfis Genéticos Brasileiro Três Anos após a Lei nº 12.654. **Revista de Bioética y Derecho**, Barcelona, n. 35, p. 94-107, 2015.

INTERPOL. **Disaster victim identification guide**. [S. l.]: Interpol, nov. 2023. Disponível em: <https://www.interpol.int/How-we-work/Forensics/Disaster-Victim-Identification-DVI>. Acesso em: 15 maio 2026.

MACHADO, C. E. P.; FLORES, M. R. P.; LIOI, P.; SILVA, R. H. A. Odontologia

legal. *In*: VELHO, J. A.; GEISER, G. C.; ESPINDULA, A. **Ciências forenses**: uma introdução às principais áreas da criminalística moderna. 4. ed. São Paulo: Millennium Editora, 2021. p. 87-104.

PARANÁ. **Secretaria De Estado De Segurança Pública.** Polícia Científica do Paraná. Sistema GDL – Gestor de Documentos e Laudos.

SILVA, R. C. F. **Desenvolvimento de kit e protocolo alternativos para coleta e extração de DNA de amostras forenses e restos mortais degradados**. 2018. 98 f. Tese (Doutorado na Rede Nordeste de Biotecnologia) – Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

VIEIRA, C. S. R. **Estudo tafonômico da influência de diversos ambientes na decomposição cadavérica e na degradação óssea em modelos animais e implicações no cálculo do intervalo post-mortem**. 2015. 69 f. Dissertação (Mestrado em Evolução e Biologia Humanas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2015.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Desenvolvimento de Método Simultâneo de Pesquisa e Dosagem de Álcool Metílico e Álcool Etílico nos casos de Suspeita de Intoxicação por Bebidas Adulteradas no Brasil em 2025 no estado do Rio Grande do Sul

A. S. Andrade[a,*], V. B. Domingos[a], C. C. Nunes[a]

[a]*Instituto Geral de Perícias, Rio Grande do Sul (RS), Brasil*

**Endereço de e-mail para correspondência: adriana-andrade@igp.rs.gov.br. Tel.: +55-51-33886169.*

Palavras-chave: álcool metílico; álcool etílico; bebidas adulteradas

1.INTRODUÇÃO

O metanol é o representante mais simples dentre os solventes alcoólicos. Consiste em um líquido incolor, inodoro e inflamável, sendo muito solúvel em água e em outros solventes orgânicos. [1]. O uso de metanol, também conhecido como álcool metílico, é particularmente perigoso devido à sua alta toxicidade. Considerando a semelhança no sabor e no odor entre o metanol e o etanol, pode haver tanto substituição de um pelo outro em bebidas, como essa pode, por vezes, ser contaminada por metanol. Esses casos podem ocorrer devido a procedimentos inadequados de controle de qualidade ou por adulteração proposital [2-4]. Embora baixas concentrações de metanol possam ser encontradas em uma variedade de bebidas alcoólicas como resultado da conversão de pectina em metanol durante a fermentação alcoólica, do ponto de vista toxicológico, os níveis de metanol em bebidas alcoólicas disponíveis comercialmente raramente são relevantes, pois essas bebidas contêm quantidades suficientes do antídoto etanol [5]. Assim, o estudo toxicológico do metanol se faz importante devido não apenas a exposição ocupacional, mas também pelo uso fraudulento em adulteração de bebidas alcoólicas e por sua toxicidade estar normalmente associada a ingestão. Esse solvente é depressor do Sistema Nervoso Central (SNC) e o mecanismo da ação tóxica está relacionado à biotransformação em ácido fórmico responsável pelo aparecimento de acidose metabólica. Após período de latência, assintomático, há o aparecimento da acidose e efeitos neurológicos tardios graves. Os sintomas iniciais mais prevalentes causados pela intoxicação por metanol são: cefaleia, ataxia e dificuldade de respirar, seguido por gastrite, pancreatite, dor abdominal intensa, vômito e diarreia. A supressão do SNC se manifesta como desorientação e sonolência até 4 horas após a ingestão. A acidose metabólica descompensada é acompanhada de visão turva, fotofobia, diplopia, cegueira precoce ou tardia e, menos frequentemente, nistagmo, que pode se desenvolver após um período latente de 6 a 24 horas, dependendo da dose absorvida. A visão turva, mesmo com plena consciência mental, é um forte indicador de intoxicação por metanol. A maioria das fatalidades ocorre dentro de 48 horas após o consumo [1-5].

No ano de 2025, o Brasil vivenciou uma série de intoxicações por metanol oriundas de bebidas alcoólicas adulteradas, levando inclusive algumas vítimas ao óbito. Os primeiros casos noticiados ocorreram no Sudeste e acabaram gerando um alerta em território nacional. A Divisão de Toxicologia Forense do Instituto Geral de Perícias do estado do Rio Grande do Sul, atenta à necessidade de atender aos casos suspeitos, procedeu ao desenvolvimento de metodologia para quantificação de metanol em sangue total por Cromatografia Gasosa com Detector de Ionização por Chama (DIC) e amostragem por *Headspace.*

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1.Preparação das soluções padrão.

Foram utilizados álcool metílico grau HPLC plus (99,97% de pureza) marca Exodo como padrão e álcool isobutílico (99,5% de pureza) marca Dinâmica como padrão interno. Na preparação das diluições foi utilizada água ultrapura. As soluções padrões de metanol para a confecção da curva de calibração foram preparadas por método gravimétrico nas concentrações: 111,1 mg/L, 245,4 mg/L, 557,5 mg/L, 1118,5 mg/L, 2008,6 mg/L e 3142,6 mg/L. As soluções controle foram preparadas da mesma maneira nas concentrações de: 209,3 mg/L, 316,8 mg/L e 778,1 mg/L.

2.2. Curva de Calibração e preparação dos controles e amostras.

Para construir a curva de calibração, foram utilizadas as soluções padrões descritas no item 2.1. Os pontos foram feitos em triplicata. O volume pipetado de cada solução padrão para o frasco de *headspace* foi de 100 µL. Após foi adicionado 900 µL da solução de isobutanol 0,183 dg/L como padrão interno. As amostras e os controles foram preparados adicionando-se 100 µL da solução controle correspondente ou da amostra e logo após 900 µL da solução do padrão interno. O frascos foram imediatamente lacrados.

2.3. Análise e processamento dos dados.

A curva de calibração, os controles e as amostras foram analisadas no equipamento Cromatógrafo Gasoso com Detector de Ionização em Chama Thermo TRACE 1310, com Autoamostrador Headspace Triplus RSH. Foram utilizadas simultaneamente as colunas TG-ALC-1 30 m x 0,32 mm x 1,80 µm e TG--ALC-2: 30 m x 0,32 mm x 1,20 µm acopladas a dois detectores DIC. Os dados foram processados pelo software Chromeleon 7.2.10 ES. Foi também realizada simultaneamente pesquisa e dosagem de álcool etílico e pesquisa de outras substâncias voláteis conforme Procedimento Operacional Padrão da Divisão de Toxicologia Forense.

A curva de calibração foi construída utilizando-se padronização interna e transformada logarítmica. Nas figuras de 1 a 4 estão apresentadas as curvas nos dois detectores, bem como seus gráficos de resíduos. O limite de detecção do método foi determinado experimentalmente em 200 mg/L. A linearidade foi avaliada através do valor de $R^2 > 0,999$ e análise dos resíduos (até 15%).

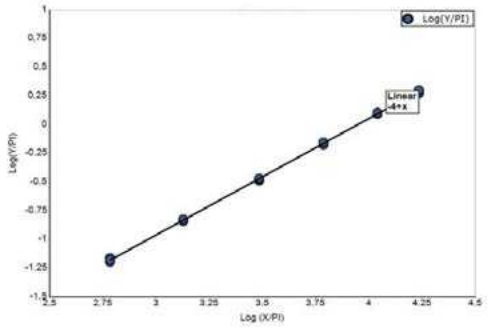


Figura 1: Curva de calibração no detector front

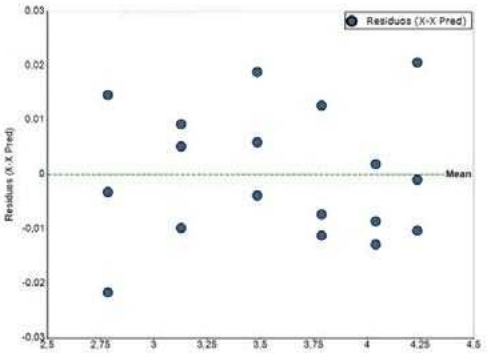


Figura 2: Gráfico de resíduos no detector front

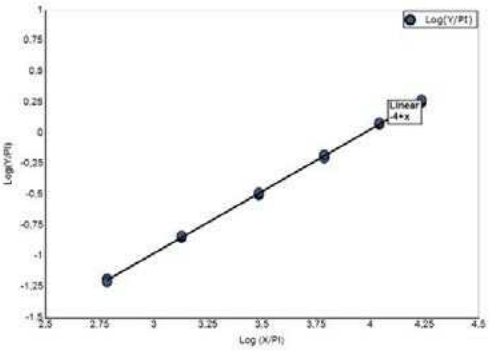


Figura 3: Curva de calibração no detector back

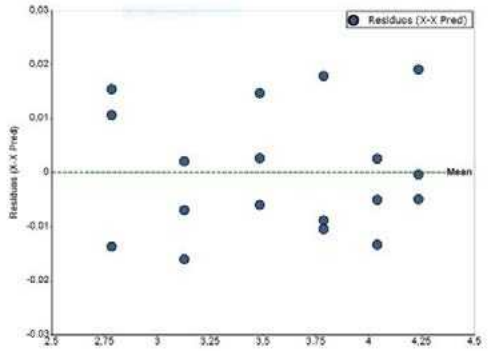


Figura 4: Gráfico de resíduos no detector back

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisadas um total de 10 amostras para metanol e etanol. Dentre as amostras que entraram como suspeita de ingestão de bebidas adulteradas dentro do período de emergência toxicológica referente ao metanol, não foi detectada a presença desse álcool

em nenhuma delas. Contudo, em uma amostra obteve-se resultado positivo para etanol (10,6 dg/L). Após cessado o período de emergência do metanol, tivemos um caso de suposto suicídio por ingestão de álcool metílico, com resultado positivo (1671 mg/mL).

A utilização do Sistema de Cromatografia Gasosa com duas colunas de polaridades diferentes específicas para análise de alcoóis, acopladas a dois detectores do tipo DIC é bem aceita e recomendada para a pesquisa e dosagem de voláteis como álcool metílico e álcool etílico [6] . Nesse sentido, foi possível utilizar do aparato técnico já padronizado e validado na Divisão de Toxicologia Forense do IGP-RS para desenvolver de forma rápida e eficiente um método de pesquisa e dosagem de álcool metílico em sangue total de modo a atender a urgência toxicológica em questão. A análise qualitativa de metanol já era realizada na rotina dessa Divisão, sendo detectado em alguns poucos casos por ano indicando intoxicação por metanol de etiologia desconhecida ou proveniente de casos de tanatopraxia realizada antes da necropsia pelo IGP-RS. O software utilizado para o processamento dos dados das amostras permite que seja feita a quantificação de álcool etílico e metílico simultaneamente na mesma corrida analítica, bem como a análise qualitativa de outros compostos voláteis. A determinação quantitativa simultânea de etanol e metanol permite que se identifique rapidamente se os sintomas da vítima são atribuídos ao consumo de etanol ou a intoxicação pelo consumo de metanol. Essa determinação norteia o tratamento que deve ser administrado em vítimas vivas o mais rápido possível e possibilita determinar em vítimas que foram a óbito se a causa da morte foi intoxicação por metanol favorecendo as investigações a respeito da origem do toxicante.

O envenenamento por metanol tem alta mortalidade principalmente devido ao atraso no diagnóstico e tratamento [4]. Os primeiros sintomas da intoxicação por metanol podem se assemelhar à intoxicação por etanol. Consequentemente, os indivíduos afetados são frequentemente diagnosticados erroneamente ou considerados intoxicados por etanol, resultando em atrasos na intervenção médica apropriada [3]. O atendimento hospitalar tardio e os sintomas clínicos não específicos criam oportunidade para um maior metabolismo do metanol [2]. Assim, uma análise simultânea de etanol e metanol, rápida e quantitativa torna-se fundamental para a diferenciação do agente toxicante e para nortear o tratamento sendo possível um desfecho mais favorável [3]. Dependendo da concentração de metanol no sangue, o médico emergencista precisa tomar uma decisão que pode salvar a vida do paciente intoxicado, tratando-o com terapia invasiva e antídotos. Isso pode implicar a administração de etanol por infusão intravenosa de uma solução a 10% para atingir uma concentração de álcool no sangue de 100 a 120 mg/dL e manter esse nível por várias horas. O medicamento fomepizol (4-metilpirazol) também pode ser utilizado sendo mais adequado para uso em crianças pequenas ou em pessoas com disfunção hepática. Tanto o etanol quanto o fomepizol funcionam como inibidores competitivos da desidrogenase alcoólica hepática (ADH) e ajudam a prevenir a conversão do metanol em seus metabólitos tóxicos, formaldeído e ácido fórmico. O metanol que permanece não metabolizado pode ser removido do sangue por hemodiálise. E o uso de bicarbonato possibilita neutralizar a acidose causada pelos metabólitos ácidos [4].

A concentração em sangue total considerada tóxica para metanol é de 200 mg/L sendo que óbitos podem ocorrer a partir da concentração de 900 mg/L de sangue [7]. Esse intervalo de concentrações foi contemplado na curva de calibração tornando a metodologia analítica adequada à determinação de intoxicação e/ou causa de morte por metanol. Por esse motivo, foi utilizado o intervalo de concentrações na curva de calibração adequado para avaliar esses casos de 111,1 mg/L a 3142,6 mg/L. Diversos estudos avaliaram as concentrações de metanol em sangue total em vivos expostos a intoxicações e em amostras *post mortem.* Nesses estudos, as principais causas da intoxicação foram atribuídas a bebidas adulteradas ou de baixa qualidade. Em um desses estudos, concentrações de metanol no sangue excederam 1000 mg/L. A concentração letal de metanol no sangue variou de 230 a 7400 mg/dL [2]. Em outra referência, as concentrações iniciais de metanol no soro *ante mortem* foram de 5400 e 7400 mg/L [5]. Em avaliação de 138 casos de Casos de intoxicação por metanol e ao longo de dois anos, as concentrações médias de metanol no sangue foram de 1424,7 ± 1392,0 mg/L [3]. Ainda, em 15 óbitos após internação hospitalar pelo envenenamento por metanol, as concentrações no sangue *post mortem* do coração variaram de 230 a 2680 mg/L [4].

Na prática forense, concentrações marcadamente elevadas de metanol são essenciais para estabelecer o diagnóstico; no entanto, em casos com níveis mais baixos ou sobrevida prolongada, a interpretação deve ser conjunta com os achados *post mortem* e a avaliação patológica integrada [3].

4. CONCLUSÕES

O método desenvolvido mostrou-se adequado à pesquisa e dosagem simultânea de álcool metílico e

álcool etílico em sangue total, permitindo, em uma única análise, a quantificação desses dois analitos de relevância para a toxicologia forense de forma rápida.

AGRADECIMENTOS

Equipe da Divisão de Toxicologia Forense do Instituto Geral de Perícias do Estado do Rio Grande do Sul em especial a Gestão da Qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

S. Oga, et al. *Fundamentos de toxicologia*. Atheneu, Brasil (2021).

S. A. Alnefaie, et al. Methanol intoxication in the central region of Saudi Arabia: Five case studies. *Saudi Pharmaceutical Journal* 32: 1-5 (2024).

F. E. Çevik et al. Postmortem Methanol and Formic Acid Levels and Their Pathological Correlates: Diagnostic Implications from an Autopsy Study. *Diagnostics* 233: 1-16 (2026).

S. B. Karch. Forensic Issues in Alcohol Testing. CRC Press, EUA (2008).

H. Andresen et al. Fatal methanol intoxication with different survival times - Morphological findings and postmortem methanol distribution. *Forensic Science International* 179: 206–210 (2008).

Costa R.A.R; et al. Diretrizes para o exame toxicológico de quantificação de etanol em sangue (alcoolemia). *Sociedade Brasileira De Toxicologia*. Versão 1 (2020).

A. C. Moffat; M.D. Osselton; B. Widdop. Clarke's analysis of drugs and poisons in pharmaceuticals, body fluids and postmortem material. Pharmaceutical Press, Inglaterra (2011) 291.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise toxicológica de monóxido de carbono por método otimizado e correlação de achados periciais: relato de caso em Maceió/AL

A. N. P. Gomes[a,*], L. R. M. R. Goulart[a], M. V. A. Santos[b], N. L. Gonzaga[a], R. B. Leite[c], T. F. Goulart[a]

[a]*Instituto de Criminalística, Polícia Científica de Alagoas, Maceió (AL), Brasil*
[b]*Universidade Federal de Alagoas, Maceió (AL), Brasil*
[c]*Instituto de Medicina Legal, Polícia Científica de Alagoas, Maceió (AL), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: ayalanara@gmail.com Tel.: +55-81-99505-9323.*

Palavras-chave: Monóxido de carbono; Carboxiemoglobina; Toxicologia forense; Asfixia química; Investigação médico-legal.

1. INTRODUÇÃO

A investigação de mortes em contexto suspeito representa um desafio relevante para a Perícia Criminal, especialmente nos casos em que não há sinais externos evidentes capazes de indicar, de forma imediata, a causa da morte. Nesses cenários, torna-se imprescindível a atuação integrada entre os exames de local de crime, a necropsia e as análises laboratoriais, exigindo do perito uma abordagem crítica e multidisciplinar [1].

A intoxicação por monóxido de carbono (CO) configura-se como uma causa de morte de difícil diagnóstico, uma vez que se trata de um gás incolor, inodoro e não irritante, cuja ação ocorre de forma silenciosa e progressiva. Embora classicamente associada a achados como a coloração vermelho-cereja da pele e das vísceras, tais manifestações não estão presentes em todos os casos, o que pode dificultar a suspeita diagnóstica baseada exclusivamente nos achados macroscópicos [3]. Nesse contexto, a toxicologia forense assume papel fundamental na elucidação da causa mortis, sobretudo por meio da determinação dos níveis de carboxiemoglobina (COHb).

A gravidade da intoxicação por CO depende da concentração inalada, do tempo de exposição, do nível de atividade física e das condições fisiológicas do indivíduo. O nível de COHb no sangue constitui o principal indicador de exposição e toxicidade. Saturações de COHb ≤3% são consideradas normais em indivíduos não fumantes e inferiores a 10% em fumantes, sendo valores abaixo de 10% geralmente pouco significativos em indivíduos saudáveis.

Os sintomas da intoxicação variam desde quadros leves e reversíveis até incapacidades imediatas e síndrome neurológica tardia, caracterizada por deterioração neurológica progressiva após aparente recuperação clínica [4]. Os efeitos tóxicos do CO estão relacionados principalmente à hipóxia tecidual, comprometendo sistemas vitais, especialmente o sistema nervoso central, o sistema cardiovascular e o sistema respiratório.

A maioria das mortes por intoxicação por CO ocorre com níveis de COHb entre 50% e 70%; entretanto, concentrações mais baixas podem ser letais em indivíduos com comorbidades preexistentes ou em casos de intoxicação concomitante por outras substâncias, como o cianeto [2]. Para fins forenses, o sangue constitui a principal amostra biológica utilizada na análise toxicológica, embora o baço e outros líquidos contendo hemoglobina também possam ser empregados. Contudo, essas matrizes alternativas podem apresentar menor confiabilidade analítica, dependendo do método empregado.

A literatura [5–6] aponta o monóxido de carbono como um dos agentes frequentemente envolvidos em suicídios, especialmente em ambientes confinados,

reforçando a importância da adequada interpretação dos vestígios encontrados no local. A correlação entre as circunstâncias da cena, os achados necroscópicos e os resultados toxicológicos é essencial para a correta caracterização da dinâmica do evento e determinação da causa da morte.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo relatar um caso de morte por intoxicação por monóxido de carbono, enfatizando a importância da análise toxicológica por método otimizado e sua correlação com os achados periciais observados no local de crime e na necropsia.

2. RELATO DE CASO

2.1. Descrição do local do crime

O exame perinecroscópico foi conduzido de forma sistemática, com a descrição da posição, orientação e relação do corpo com o ambiente, visando subsidiar a interpretação da dinâmica dos fatos e a preservação dos elementos de interesse pericial.

Tratava-se de um exame realizado em local de crime de possível suicídio, no qual foi avaliado um cadáver de indivíduo adulto, do sexo masculino, cor branca, com cabelos cacheados de cor preta, compleição normolínea e 23 anos de idade. O corpo encontrava-se no interior de um quarto, disposto sobre uma cama de casal.

O cadáver localizava-se em posição oblíqua no leito, com a cabeça voltada para a parede anterior e os membros inferiores apontados em direção à parede lateral direita. Jazia em decúbito lateral esquerdo, com a cabeça apoiada sobre a face esquerda. Observou-se o membro superior esquerdo posicionado sob o tronco, o membro superior direito em flexão e os membros inferiores distendidos.

Quando do levantamento pericial no local, constataram-se os seguintes materiais e situações de interesse criminalístico:

- Presença de fita adesiva vedando internamente as frestas da janela e da porta do quarto;
- Presença de um rolo de fita adesiva compatível com a fita descrita anteriormente sobre a cama onde jazia o cadáver;
- Presença de um fone de ouvido conectado ao ouvido direito do cadáver;
- Presença de um saco de carvão sobre o piso do quarto, além de uma grelha de churrasqueira;
- 01 (uma) churrasqueira localizada sobre o piso da varanda externa da residência, apresentando fuligem, fragmentos de carvão e folhas de papel queimadas;
- Presença de intenso odor característico de fumaça no interior do quarto;
- 01 (um) notebook preto marca ASUS, localizado sobre a mesa da sala de jantar, contendo no histórico recente de buscas do navegador a seguinte frase: “como colocar fogo na churrasqueira”. Além disso havia um atalho na área de trabalho do notebook nomeado como “Desculpa.txt” que apresentava uma mensagem com conteúdo de despedida.

2.2. Descrição do exame necroscópico

O exame necroscópico foi realizado com o objetivo de avaliar as condições gerais do cadáver, identificar possíveis lesões e contribuir para a determinação da causa da morte. Inicialmente, procedeu-se ao exame externo, no qual foram observadas as características gerais do corpo, como sexo, idade aparente, estado nutricional, estatura, coloração da pele, presença de sinais cadavéricos e eventuais lesões, cicatrizes ou alterações visíveis. Em seguida, realizou-se o exame interno por meio da abertura das cavidades craniana, torácica e abdominal, permitindo a inspeção sistemática dos órgãos e estruturas internas, com avaliação de suas características macroscópicas, como cor, consistência, forma, dimensões e presença de alterações patológicas ou traumáticas.

Durante o procedimento foram coletadas amostras de fluidos biológicos para análises complementares, como exames toxicológicos.

2.3. Análise Toxicológica

Por meio das informações contidas no requerimento de exame pericial, foram escolhidas para a análise as amostras biológicas mais adequadas com o histórico do fato, visando identificar a presença de substâncias de interesse forense, tais quais, fármacos (medicamentos), praguicidas (venenos), substâncias controladas ou proscritas bem como determinar o percentual de saturação de carboxiemoglobina. O exame pericial foi de natureza qualitativa e quantitativa.

2.3.1 Identificação de substâncias de interesse forense

As técnicas instrumentais para análise de amostra biológica disponíveis para este exame pericial foram a Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de massas (GC-MS), a Cromatografia Líquida acoplada à Espectrometria de massas em série (LC-MS/MS) e

a Espectrofotometria Ultravioleta-Visível (UV-Vis). O Cromatógrafo Gasoso da marca Agilent, modelo 7890A, acoplado ao Espectrômetro de Massas da marca Agilent, modelo 5975C. O Cromatógrafo Líquido da marca Agilent, modelo 1260, acoplado ao Espectrômetro de Massas em série da marca Agilent, modelo 6420.

O laboratório atuou com base em um escopo analítico previamente definido, contemplando a identificação e quantificação das principais substâncias de interesse toxicológico. Esse escopo foi estruturado a partir de referências técnicas consolidadas, incluindo manuais, protocolos e diretrizes estabelecidos por órgãos de qualidade e entidades reconhecidas, como a Sociedade Brasileira de Toxicologia, além de guias nacionais e internacionais aplicáveis.

2.3.2. Determinação espectrofotométrica de carboxiemoglobina

- Monóxido de carbono obtido por reação química

O monóxido de carbono (CO) foi gerado por via química a partir da reação entre ácido fórmico (grau LC-MS) e ácido sulfúrico, sob aquecimento a aproximadamente 50 °C. Para tal, adicionaram-se 1 mL de cada reagente em um vial de 20 mL. O CO produzido foi conduzido pela saída superior do sistema por meio de um tubo flexível, sendo previamente direcionado a um banho em solução saturada de hidróxido de potássio (KOH). A utilização da solução saturada de KOH visou garantir elevada capacidade de neutralização, prevenindo qualquer acidificação do meio e assegurando que apenas o CO fosse transferido para as amostras. Em seguida, o gás foi conduzido, por meio de outro tubo flexível, até o fundo de um tubo tipo Falcon de 50 mL contendo 3 mL de hemolisado.

O hemolisado foi previamente obtido pela diluição de 500 µL de sangue de indivíduo não fumante em 60 mL de solução hemolisante (tampão fosfato de potássio). O arranjo experimental permitiu o borbulhamento controlado do CO na amostra.

O tempo adequado de borbulhamento visando à obtenção de solução saturada com carboxiemoglobina (COHb), foi determinado com base na literatura [2].

- Determinação dos fatores de calibração

A determinação dos fatores de calibração foi realizada com o objetivo de assegurar a confiabilidade do método espectrofotométrico empregado na determinação da saturação de COHb. Esses fatores permitiram a correção de interferências espectrais e de variações instrumentais, viabilizando a adequada discriminação entre as diferentes espécies de hemoglobina.

O procedimento consistiu na preparação de uma amostra de sangue de indivíduo não fumante com solução hemolisante, seguida da distribuição em oito tubos. Cinco tubos foram expostos ao monóxido de carbono (CO) por 5 minutos e três ao oxigênio (O_2) por 15 minutos. Após o tratamento, alíquotas foram diluídas com solução redutora em balões volumétricos, homogeneizadas e analisadas em espectrofotômetro UV-Vis nos comprimentos de onda de 420 e 432 nm, utilizando a solução redutora como branco. Para as amostras borbulhadas com CO, a leitura foi realizada imediatamente, enquanto para as amostras borbulhadas com O_2 foi respeitado um intervalo de 10 minutos antes da medição.

Nesse caso descrito, as absorbâncias das amostras expostas ao oxigênio e posteriormente diluídas com solução redutora corresponderam às da hemoglobina reduzida (Hbred), enquanto as absorbâncias das amostras tratadas com monóxido de carbono corresponderam às da carboxiemoglobina (COHb).

Os fatores de calibração foram calculados a partir das absorbâncias obtidas, sendo definidos como:

F_1: razão entre a absorbância da hemoglobina reduzida em 432 nm e em 420 nm;

F_2: razão entre a absorbância da carboxiemoglobina em 432 nm e a absorbância da hemoglobina reduzida em 420 nm;

F_3: razão entre a absorbância da carboxiemoglobina em 420 nm e a absorbância da hemoglobina reduzida em 420 nm.

- Análise da amostra

A concentração de carboxiemoglobina (%COHb) foi determinada a partir das leituras espectrofotométricas obtidas nos comprimentos de onda de 420 e 432 nm.

Dessa forma, a porcentagem de COHb foi obtida por meio da seguinte relação matemática:

$$\%COHb = \frac{1 - (AR\ x\ F1)}{AR\ (F2 - F1) - F3 + 1} x\ 100$$

Onde, AR é a razão entre as absorbâncias da solução em 420 e 432 nm; F_1, F_2 e F_3 são os fatores de calibração definidos anteriormente.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1. Exames Perinecroscópico e Necroscópico

Quando da realização do exame perinecroscópico o cadáver apresentava rigor mortis intenso e generalizado, além de livores hipostáticos de coloração vermelho cereja localizados na face, no tórax, no abdômen e no dorso (Fig. 1). Verificou-se a presença de um líquido alaranjado e espesso com características semelhante a

vômito sobre a boca e sobre a mão esquerda do cadáver e não foram constatadas lesões externas.

A coloração avermelhada é um achado macroscópico sugestivo de intoxicação por monóxido de carbono, mas tem limitações diagnósticas, pois não é exclusiva e pode ocorrer em situações como frio intenso, alta umidade e intoxicação por cianeto. Nesse último caso, o oxigênio não é utilizado pelos tecidos, permanecendo nas hemácias e dando aspecto avermelhado ao sangue mesmo com hipóxia. Além disso, não há relação linear exata entre essa coloração e os níveis de COHb, embora seja mais comum acima de 30% [7].

Durante a realização do exame necroscópico, os achados da inspeção externa mostraram-se concordantes com aqueles previamente observados no exame perinecroscópico realizado no local de crime.

Na inspeção interna, a cavidade craniana foi abordada por meio de incisão bimastoidea, com rebatimento do couro cabeludo para anterior e posterior, evidenciando-se calota craniana íntegra, sem sinais de fraturas ou alterações macroscópicas relevantes.

Para o exame da cavidade tóraco-abdominal e região cervical, realizou-se incisão mento-xifo-pubiana, desviada à esquerda da cicatriz umbilical. Procedeu-se à dissecção da musculatura peitoral e cervical, com rebatimento lateral, seguida da abertura da cavidade abdominal pela linha alba. As costelas foram seccionadas, com retirada do plastrão condroesternal, possibilitando a abertura da cavidade torácica e a realização de inspeção sistemática dos órgãos.



Figura 1. Presença de livores hipostáticos de coloração vermelho cereja no tórax, no abdômen e no dorso da vítima (A, B). Vista do pulmão e coração do periciando nas quais são observadas esparsas petéquias e acentuada coloração avermelhada (C, D).

À avaliação, a musculatura apresentava coloração vermelho-intensa, com discretas sufusões hemorrágicas no gradil costal anterior esquerdo. Os pulmões mostravam-se de coloração vermelho-carmim, atelectásicos, com presença de petéquias subpleurais bilaterais (Fig. 1). Observavam-se ainda petéquias subepicárdicas, sem evidência de lesões ou corpos estranhos na traqueia. O estômago continha conteúdo líquido de coloração marrom, com mucosa hemorrágica, sendo também identificados pontos hemorrágicos em intestino delgado.

Foram coletadas amostras biológicas, incluindo humor vítreo, sangue e conteúdo estomacal, destinadas à realização de exames toxicológicos, bem como à dosagem de carboxiemoglobina (COHb).

3.2. Determinações toxicológicas

O tempo necessário para a saturação da solução contendo COHb foi de 15 minutos [2], desconsiderando-se os cinco minutos iniciais referentes à produção do gás. A Tabela 1 apresenta os valores de absorbância das soluções contendo 100% de COHb e 100% de hemoglobina reduzida (Hbred), obtidos nos comprimentos de onda de 420 nm e 432 nm, utilizados para a determinação dos fatores de calibração. Os fatores calculados encontram-se apresentados na Tabela 2, juntamente com os respectivos valores de referência.

Solução	UV-1900i Shimadzu	
	420 nm	432 nm
100% COHb	1.080	0.268
	1.098	0.263
	1.099	0.259
	1.096	0.256
	1.108	0.257
Média	1.096	0.261
DP	0.009	0.005
100% Hbred	0.414	0.542
	0.420	0.547
	0.399	0.519
Média	0.411	0.536
DP	0.009	0.012

Tabela 1. Absorbâncias das soluções de carboxiemoglobina e hemoglobina reduzida usadas na determinação dos fatores de calibração dos espectrômetros.

Espectrômetro	Fatores		
	F1	F2	F3
UV-1900i Shimadzu	1.306	0.635	2.671
Intralab DMS-80	1.323	0.474	1.892

Tabela 2. Fatores de calibração obtidos experimentalmente e os de referência.

A partir dos fatores obtidos, determinou-se que o percentual de saturação de COHb na amostra sanguínea da vítima foi de 65%. Concentrações de COHb superiores a 60–70% estão frequentemente associadas a quadros graves de intoxicação por monóxido de carbono, incluindo coma, insuficiência respiratória e morte. Apesar de a literatura estabelecer uma associação clássica entre os níveis de carboxiemoglobina (COHb) e a gravidade da intoxicação aguda por monóxido de carbono, evidências provenientes de estudos com grandes populações demonstram que essa relação não ocorre de maneira uniforme. Em estudo envolvendo pacientes expostos ao CO, verificou-se ausência de correlação consistente entre os níveis iniciais de COHb e a intensidade das manifestações clínicas observadas. Esses achados reforçam que a interpretação dos resultados toxicológicos não deve ser realizada de forma isolada, sendo necessária a análise conjunta dos dados clínicos, circunstanciais e periciais para adequada avaliação do caso [8].

Além do resultado toxicológico, os elementos observados no local reforçam a hipótese diagnóstica de intoxicação exógena por CO, especialmente a vedação do ambiente com fita adesiva, a presença de carvão e churrasqueira com resíduos de combustão, bem como o odor de fumaça no interior do quarto. Tais circunstâncias são classicamente descritas em mortes relacionadas à combustão incompleta em ambientes confinados.

Adicionalmente, destaca-se que a otimização do método analítico empregado para determinação da COHb constituiu etapa fundamental para a confiabilidade dos resultados obtidos. A produção de monóxido de carbono para obtenção dos fatores representou relevante vantagem operacional, a estratégia empregada dispensou a necessidade de aquisição de cilindro comercial de monóxido de carbono, cuja utilização, além de envolver elevado custo e dificuldades logísticas de armazenamento e segurança, mostraria baixa aplicabilidade prática diante da demanda pontual de uso. Dessa forma, a metodologia adotada apresentou-se tecnicamente viável, economicamente mais acessível e compatível com a rotina laboratorial forense.

Em face dos exames realizados, por meio das técnicas empregadas, não foi detectada a presença de outras substâncias de interesse forense nas matrizes analisadas (sangue e conteúdo estomacal).

4. CONCLUSÕES

Diante do exposto, destaca-se a necessidade de atenção dos profissionais envolvidos na investigação de mortes suspeitas para a possibilidade de intoxicação por monóxido de carbono, especialmente em ambientes confinados e na ausência de sinais externos evidentes. Nesses casos, torna-se indispensável a abordagem integrada entre o exame perinecroscópico, a necropsia e as análises forenses. No local de crime, devem ser valorizados elementos que possam sugerir a exposição ao CO, como a presença de fontes de combustão em ambientes pouco ventilados, veículos em funcionamento, aquecedores ou geradores, além da ausência de sinais de violência. Durante a necropsia, embora achados clássicos como coloração vermelho-cereja não estejam presentes em todos os casos, alterações como congestão visceral, petéquias e aspecto característico do sangue podem contribuir para a suspeita diagnóstica.

Por fim, as análises laboratoriais, especialmente a determinação dos níveis de carboxiemoglobina, mostraram-se fundamentais para a confirmação da intoxicação, permitindo a adequada correlação com os achados periciais e circunstanciais. Ressalta-se que a confiabilidade desses resultados depende da correta calibração do equipamento, sendo necessária a determinação de fatores de correção específicos para o espectrofotômetro utilizado. Nesse contexto, a obtenção de monóxido de carbono por reação química demonstrou-se uma alternativa viável ao uso de cilindros de gás comprimido na preparação de soluções saturadas com carboxiemoglobina, contribuindo para a padronização analítica e assegurando a qualidade das determinações realizadas

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Secretaria de Estado da Segurança Pública de Alagoas (SSP/AL), à Polícia Científica do Estado de Alagoas, ao Instituto de Criminalística e ao Instituto Médico Legal Estácio de Lima pelo apoio institucional, disponibilização da infraestrutura laboratorial e colaboração técnica essenciais para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] M.E. Mascarelli; L.E.C. Dantas, M.C. Diana Estudo de casos: quatro suicídios por ingestão de nitrito de

sódio na região de Campinas/SP. Rev. Bras. Crimin. **12(5)**: 7-11 (2023).

[2] A.C.C.G.C. Malheiro. Determinação espectrofotométrica da carboxiemoglobina em indivíduos expostos ocupacionalmente ao monóxido de carbono. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo (1991).

[3] M. Afzal; S. Agarwal; R.H. Elshaikh; A.M.A. Babker; R.K. Choudhary; P.K Prabhakar; F. Zahir; A. K. Sah. Carbon Monoxide Poisoning: Diagnosis, Prognostic Factors, Treatment Strategies, and Future Perspectives. Diagnostics **15**: 581 (2025).

[4] R.N. Vilaça; D.M. Pereira; A.C. Castro, F. Caetano; C. Ferreira. Rev Port Med Geral Fam **41 (2)**: 164-167 (2025).

[5] L. Stephenson; C.V.D. Heuvel; M. Humphries; R. W. Byard. Recent trends in an uncommon method of carbon monoxide suicide. Forensic Sci Med Pathol **20**: 863-871 (2024).

[6] L. Sun; K. Li; Y. Zhang; L. Zhang. Carbon Monoxide Poisoning was Associated With Lifetime Suicidal Ideation: Evidence From A Population-Based Cross-Sectional Study in Hebei Province, China. Int J Public Health **67**:1604462 (2022).

[7] L.S. Bordonia; P.H.C. Bordoni. Asfixia por monóxido de carbono: achados necroscópicos em um caso de suicídio e considerações médico legais. Rev. Bras. Crimin. **6(3):** 42-48 (2017).

[8] J. Anand; N. Pawlas; DARIA. Schetz; J. Kot. Management of acute intoxication with carbon monoxide – Polish medical society, Section of clinical toxicology Position statement. Int J Occup Med Environ Health. **38(5)**: 457–473 (2025).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise temporal do perfil de substâncias detectadas em selos de papel apreendidos no Rio Grande do Sul entre 2018 e 2025

M. P. Thomé[a], B. Gauer[a,*], D. Scolmeister[a], S. M. Silva[a]

[a]*Divisão de Química Forense, Departamento de Perícias Laboratoriais, Instituto-Geral de Perícias,Porto Alegre (RS), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: bruna-gauer@igp.rs.gov.br. Tel.: +55-51-998548518*

Palavras-chave: LSD, NBOH, Novas Substâncias Psicoativas (NSP), Selo, Química Forense.

1. INTRODUÇÃO

Os selos de papel constituem matrizes amplamente empregadas para a veiculação de substâncias psicoativas de elevada potência, especialmente compostos alucinógenos ativos em doses na ordem de microgramas. Embora, tradicionalmente, associados à dietilamida do ácido lisérgico (LSD), estudos realizados em diferentes países têm demonstrado a presença de novas substâncias psicoativas (NPS) diversas nessa matriz, incluindo derivados das séries NBOMe e NBOH, compostos fenetilamínicos da série 2C, derivados DOx, canabinoides sintéticos e outras substâncias de interesse toxicológico.

A substituição de substâncias clássicas por novas moléculas constitui uma característica marcante dos mercados ilícitos de drogas. Alterações na disponibilidade de precursores, modificações legislativas, estratégias de evasão regulatória e mudanças nas preferências dos consumidores podem resultar em rápidas alterações no perfil químico das substâncias comercializadas. Nesse contexto, o monitoramento laboratorial das drogas apreendidas fornece informações relevantes tanto para a atividade pericial quanto para a vigilância de novas tendências do mercado ilícito.

No Rio Grande do Sul, os selos de papel representam uma matriz de interesse pericial recorrente. Assim, a análise retrospectiva dos resultados produzidos pelo Instituto-Geral de Perícias do Rio Grande do Sul (IGP-RS) permite identificar tendências de longo prazo e compreender mudanças ocorridas ao longo dos últimos anos.

2. OBJETIVO

Avaliar a evolução temporal do perfil das substâncias detectadas em selos de papel apreendidos entre os anos de 2018 e 2025 e analisados pelo Instituto-Geral de Perícias do Rio Grande do Sul, identificando alterações na frequência das principais classes de substâncias e possíveis mudanças nos padrões de circulação dessas drogas.

3. METODOLOGIA

Foi realizado estudo retrospectivo baseado em laudos periciais produzidos pelo Instituto-Geral de Perícias do Rio Grande do Sul.

A coleta de dados consistiu na pesquisa de laudos emitidos no período compreendido entre 01 de janeiro de 2018 e 30 de maio de 2026, que correspondiam aos resultados de análises laboratoriais de selos de papel apreendidos em ocorrências policiais realizadas entre 01 de janeiro de 2018 e 31 de dezembro de 2025. Foram incluídos no estudo exclusivamente os casos que atenderam simultaneamente aos seguintes critérios:

- material descrito como selo, selos, micropontos, micropontos ou fragmento de papel compatíveis com a matriz comumente conhecida como selo;
- existência de resultado analítico conclusivo para identificação das substâncias presentes.

As substâncias identificadas foram agrupadas nas seguintes categorias: LSD, derivados NBOH, derivados NBOMe, compostos da série 2C, compostos da série DOx, canabinoides sintéticos, catinonas sintéticas e outras substâncias. A categoria "Outras substâncias" incluiu analitos identificados com menor frequência, tais como lidocaína, cocaína, anfetaminas e opioides.

Foram avaliados o número anual de ocorrências, a frequência absoluta das diferentes classes de substâncias e a proporção de ocorrências contendo LSD e derivados NBOH. Adicionalmente, foi analisada a distribuição dos diferentes análogos NBOH identificados ao longo do período estudado.

3. RESULTADOS

Foram identificadas 976 ocorrências policiais com apreensões envolvendo selos de papel no período de 2018 a 2025. O número anual de ocorrências variou entre 86 e 181 casos, com aumento entre 2018 e 2021, seguido de redução gradual nos anos subsequentes.

A análise do perfil químico das apreensões evidenciou importante alteração temporal nas substâncias detectadas. Os derivados NBOH e o LSD constituíram as classes predominantes ao longo de todo o período estudado, porém com tendência de distribuição opostas.

Entre 2018 e 2023, os derivados NBOH estiveram presentes em 49% a 69% das apreensões anuais, representando a principal classe detectada. O maior percentual foi observado em 2021, quando 69% das ocorrências continham derivados NBOH. A partir de 2024 se verificou a redução acentuada dessa classe, que passou a estar presente em apenas 17% das apreensões em 2024 e 5% em 2025.

Em sentido oposto, a presença de LSD apresentou tendência geral de crescimento ao longo da série histórica. Entre 2018 e 2023, o composto foi detectado em 28% a 49% das apreensões anuais. Em 2024 ocorreu aumento expressivo para 69%, alcançando 92% das apreensões em 2025, tornando-se amplamente predominante no período mais recente.

As demais classes apresentaram ocorrência substancialmente inferior à de LSD e derivados NBOH. Compostos das séries 2C foram observados principalmente entre 2019 e 2023, com pico em 2019 (12%), enquanto derivados DOx estiveram presentes em até 4% das apreensões entre 2018 e 2023, deixando de ser detectados nos anos subsequentes. Substâncias da série NBOMe ocorreram de forma esporádica, com frequências entre 1% e 2%, ao passo que canabinoides sintéticos também apresentaram baixa incidência, variando entre 1% e 5% dos casos. Por fim, a categoria "Outras substâncias", incluindo compostos como lidocaína, cocaína, anfetaminas e opioides, mostrou distribuição heterogênea ao longo da série histórica, sem padrão temporal definido.

A análise específica da ocorrência dos derivados NBOH revelou alterações importantes dentro da própria classe. Enquanto os análogos 25I-NBOH e 25E-NBOH apresentavam participação relevante nos primeiros anos avaliados, nos anos subsequentes, observou-se progressiva predominância do 25B-NBOH. Em 2023, todos as ocorrências contendo NBOH correspondiam ao análogo 25B-NBOH acompanhado em alguns casos do 25E-NBOH. Já em 2025, a totalidade de ocorrências envolvendo a classe NBOH correspondia ao 25B-NBOH. Paralelamente, os análogos 25I-NBOH, 25E-NBOH e 25C-NBOH tornaram-se progressivamente raros ou ausentes nos anos mais recentes.

4. DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que os selos de papel constituem uma matriz capaz de veicular diferentes classes de substâncias psicoativas, embora com predomínio de LSD e derivados NBOH ao longo de todo o período estudado. Observou-se alteração temporal na frequência relativa dessas duas classes, com maior representatividade dos derivados NBOH entre 2018 e 2023 e aumento da participação do LSD nos anos mais recentes.

As demais classes de substâncias apresentaram ocorrência relativamente baixa e distribuição heterogênea ao longo da série histórica, evidenciando a diversidade química potencialmente associada a essa matriz e reforçando a importância do monitoramento laboratorial contínuo. Esse panorama complementa observações previamente descritas por Boff et al. para apreensões de selos em Santa Catarina entre 2011 e 2017. Neste período avaliado no estudo, compostos das séries NBOMe e DOx figuravam entre as principais substâncias detectadas, acompanhados por ampla diversidade de novas substâncias psicoativas e baixa frequência de LSD. Por outro lado, os dados obtidos entre 2018 e 2025 no Rio Grande do Sul indicam predomínio de derivados NBOH e LSD, com identificação apenas esporádica das demais classes. Em conjunto, esses resultados sugerem alterações no perfil das substâncias detectadas em selos de papel ao longo da última década.

Os resultados referentes à categoria "Outras substâncias" devem ser interpretados com cautela. A presença de cocaína e anfetaminas pode estar rela-

cionada à contaminação cruzada, hipótese plausível considerando as baixas quantidades de substâncias psicoativas normalmente presentes em selos. Em contrapartida, a detecção recorrente de lidocaína, frequentemente como único analito identificado e com sinal analítico expressivo, não possui explicação evidente com base nos dados disponíveis e merece investigação adicional.

5 . CONCLUSÃO

A análise retrospectiva de 976 ocorrências envolvendo selos de papel apreendidos no Rio Grande do Sul entre 2018 e 2025 evidenciou alterações temporais relevantes no perfil das substâncias detectadas nessa matriz. Embora LSD e derivados NBOH tenham constituído as principais classes identificadas ao longo de todo o período estudado, observou-se redução progressiva da frequência dos derivados NBOH nos anos mais recentes, concomitantemente ao aumento da participação do LSD nas apreensões. Adicionalmente, verificaram-se mudanças na composição dos próprios derivados NBOH, com predominância crescente do 25B-NBOH ao longo da série histórica.

As demais classes de substâncias foram identificadas em baixa frequência e de forma heterogênea, evidenciando a diversidade química potencialmente associada aos selos de papel. A ocorrência de analitos agrupados na categoria “Outras substâncias”, especialmente a detecção recorrente de lidocaína, demonstra que ainda existem aspectos pouco compreendidos acerca da composição dessas matrizes e que merecem investigação adicional.

Os resultados obtidos contribuem para a caracterização do perfil das substâncias detectadas em selos de papel no estado e reforçam a importância do monitoramento contínuo das apreensões, permitindo acompanhar mudanças temporais e identificar tendências relevantes para a atividade pericial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BOFF, B. S.; KADER, M.; FRANCO, P. H. C.; et al. New psychoactive substances (NPS) prevalence over LSD in blotter seized in State of Santa Catarina, Brazil: A six-year retrospective study. *Forensic Science International*, v. 306, 110002, 2020.

[2] MACHADO, Y.; SILVEIRA, G. O.; et al. Identification of new NBOH drugs in seized blotter papers: 25B-NBOH, 25C-NBOH and 25E-NBOH. *Forensic Toxicology*, v. 38, p. 186–196, 2020.

[3] UNODC. Current NPS Threats – Volume III. Vienna: United Nations Office on Drugs and Crime (2020).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Aplicação da fluorescência de raios X portátil e técnicas quimiométricas na identificação de fraudes em farelo de soja

J. R. Andrade[a,b], A. C. J. Cunha[b], A. Andreassa[b], M. G. S. Stroski[b],
L.H. F. de Moraes[b], B. T. Otsuka[b], S. W. Lobo[c]

[a]*Polícia Científica do Paraná / Universidade Estadual do Paraná, Brasil*
[b]*Polícia Científica do Estado do Paraná, Brasil*
[c]*Polícia Técnico-científica de Goiás, Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: juliaarosario67@gmail.com. Tel.: +55(41)995987362.*

Palavras-chave: Fluorescência de Raios X; Quimiometria; Química Forense; Farelo de soja

1. INTRODUÇÃO

Os produtos do complexo de soja se destacam pela importância do grão para a segurança alimentar e são uma proeminente base de proteínas para formulação de rações para animais [1]. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE), o Brasil produziu uma quantidade recorde de 47 milhões de toneladas de farelo de soja em fevereiro de 2026 [1]. Dentre os produtos derivados da soja, houve aumento das exportações para o farelo de soja, o que tem fomentado constantes tentativas de fraudes neste insumo pela adição de matérias de menor valor agregado, com o intuito de obter vantagens econômicas. Contudo, a adulteração, especialmente com materiais inorgânicos, pode introduzir contaminantes prejudiciais, como micotoxinas, plásticos e metais pesados. Estes fatores comprometem o valor nutricional das rações, afetando o crescimento e a saúde dos animais, tornando-os inadequados para os fins aos quais se destinam. Nos últimos dois anos, a proporção deste problema tem sido evidenciada através de operações conjuntas do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) e da Polícia Federal, nas operações "Grãos Limpos" e "Grãos Puros", iniciadas para desmontar esquemas criminosos de adulteração de produtos destinados à exportação [2]. No entanto, a fiscalização nos portos enfrenta desafios analíticos crescentes. As técnicas analíticas tradicionais, como a gravimetria, embora sejam plenamente consolidadas e validadas, sua aplicação operacional enfrenta limitações, como o tempo elevado para o preparo das amostras, gasto recorrente de insumos, além de serem destrutivos. Para a perícia, esta metodologia operacional impõe obstáculos à dinâmica das investigações e realização de laudos periciais. Diante disso, a Espectroscopia de Fluorescência de Raios X (XRF) surge como uma alternativa tecnológica e inovadora, por se tratar de uma técnica analítica rápida e sem reagentes que requer preparação mínima da amostra para medições precisas, oferecendo uma alternativa aos métodos tradicionais [3], devido a sua capacidade de análise multielementar, não destrutiva, rápido preparo de amostras e portátil para triagem in loco para detecção de adulterantes. A XRF tem sido tradicionalmente usada para identificar e quantificar vários elementos químicos em amostras sólidas e líquidas [4] [5]. A Análise de Componentes Principais (PCA) é um método estatístico utilizado para projetar os dados multivariados em um espaço de dimensão menor reduzindo, assim, a dimensionalidade do espaço original do conjunto dos dados, sem que as relações entre as amostras sejam afetadas[6], é amplamente utilizado para classificar e identificar adulterações em diversos produtos, tais como, bebidas, alimentos, combustíveis e desta forma informações relevantes serão separadas e ampliadas pelo "microscópio" de dados, tornando-se mais evidentes à inspeção visual, também permite detectar amostras que apresentam um comportamento distinto (atípico) [6]. Nesse contexto, a aplicação das análises de com-

ponentes principais (PCA) pode ser empregada para classificar as amostras de farelo de soja por meio da segregação eficiente de amostras conforme (padrão) e amostras questionadas (não conforme). Deste modo, o presente trabalho visa demonstrar o potencial da técnica de fluorescência de raios X portátil e da análise multivariada por Análise de Componentes Principais (PCA) na classificação de amostras de farelo de soja, com foco em sua aplicação na rotina pericial, visando ao desenvolvimento de um método útil e eficaz para identificação de fraudes em amostras apreendidas de farelo de soja, apresentando elevada frequência analítica, baixo consumo de insumos, caráter não destrutivo e alinhamento aos princípios da Química Verde.

2. METODOLOGIA

Foram utilizadas cinco amostras padrão de farelo de soja acompanhadas de seus respectivos certificados de análise, cedidas pela empresa Cargill, bem como seis amostras questionadas provenientes de apreensões realizadas pela Polícia Civil do Paraná. As amostras foram submetidas à homogeneização e moagem simples e, posteriormente, analisadas por Fluorescência de Raios X Portátil (pXRF), utilizando equipamento marca Bruker, modelo S1 Titan 800. As aquisições espectrais foram realizadas em triplicata nas condições experimentais de 15 kV (sem filtro) e 30 kV (sem filtro), operando em modo *Spectrometer Mode*. Os espectros obtidos foram processados no software RStudio (versão 2026.01.0+392 "Apple Blossom" Release for windows). Os dados brutos foram submetidos aos pré-processamentos *Mean Centering*, para centralização dos dados em torno da média, e *Standard Normal Variate* (SNV). Posteriormente, foi aplicada a Análise de Componentes Principais (PCA) para avaliação exploratória e discriminação das amostras padrão e questionadas de farelo de soja. A definição do número de Componentes Principais (PCs) empregados na construção do modelo foi realizada por meio da análise do *scree plot* (gráfico de sedimentação), utilizando-se o critério do ponto de inflexão (*cotovelo*) para retenção das componentes com maior representatividade da variância dos dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi aplicada aos espectros de XRF (obtidos sob as tensões de 15 e 30 kV) das amostras de farelo de soja, utilizando a matriz de covariância. O objetivo foi reduzir a dimensionalidade dos dados e identificar padrões de variabilidade entre as amostras autênticas (aqui denominadas "Padrão") e as questionadas. Após o pré-processamento dos dados (Figura 1), a variância explicada por cada componente principal foi calculada (Figura 2). As duas primeiras componentes (PC1 e PC2) foram utilizadas para a construção dos gráficos de scores (Figura 3), permitindo visualizar o agrupamento e a separação espacial entre os grupos analisados. Por fim, os gráficos de *loadings* (Figura 4) atuam como uma "assinatura elementar", detalhando quais os elementos químicos e energias de emissão mais contribuíram para a variância do modelo e para a discriminação entre os grupos.

3.1. Espectro pXRF

A análise dos espectros de pXRF, utilizando voltagem de 15kV e 30kV, evidencia diferenças no perfil elementar das amostras padrão e questionadas. Em relação à tensão aplicada, foi possível observar um aumento na altura dos picos de silício (Si) nas tensões de 15 kV e 30 kV, e um aumento ligeiro na altura do pico de ferro (Fe) na tensão de 30 kV com relação a tensão de 15kV. Os espectros foram avaliados até a faixa de 10 keV, uma vez que não foram detectados picos evidentes de emissão acima desta energia. Visualmente, as amostras questionadas exibiram um aumento na intensidade dos picos referentes ao Si e ao Fe em comparação ao padrão, e uma redução do pico de Potássio (K) (Figura 1), exibindo nítida diferenciação entre os grupos e sugerindo que essa diferença ocorre por adição de material com características inorgânicas.

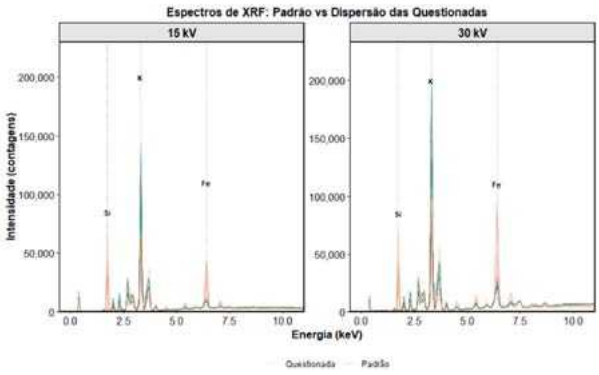


Figura 1. Análise exploratória dos espectros de fluorescência de raios X portáteis (pXRF), com voltagem de 15kV e 30kV evidenciando picos de Silício, Ferro e Potássio. A imagem sobrepõe o perfil do grupo de amostras padrão com a dispersão do grupo questionada sob as energias de excitação de 15 kV e 30 kV.

A adequação e dimensionalidade aplicada aos dados de pXRF foram validadas por meio da análise dos gráficos *scree plots* para as voltagens de excitação 15 kV e 30 kV para avaliar quais componentes mais contribuíram para a variância do modelo e para a discri-

minação das amostras. O gráfico de scree plot (Figura 2) ilustra a proporção da variância explicada por cada componente principal (CP). A PC1 representou 86,6% da variação total, capturando a maior parte da variação química entre as amostras padrão e questionadas, enquanto que a PC2 explicou 5,8 %, reforçando que a soma das duas primeiras componentes representa 94,4% da variação total.

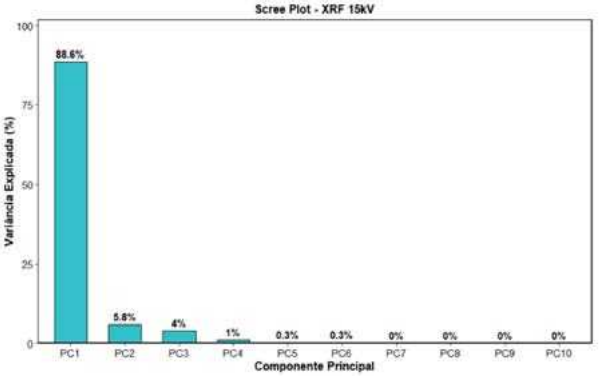


Figura 2. O Gráfico Scree plot ilustra a proporção da variância explicada por cada componente principal (CP). O CP1 representou 86,8% da variação total, capturando a maior parte da variação química entre as amostras padrão e questionada.

A PCA foi eficaz na discriminação das amostras, com os gráficos de escores evidenciando a separação espacial das amostras quase exclusivamente pela PC1. As amostras padrão formaram um agrupamento na região de escores positivos do lado esquerdo do gráfico, sugerindo baixa variabilidade química entre as amostras , evidenciando uma homogeneidade. Já as amostras questionadas dispersaram-se amplamente pela região de escores negativos, distribuindo-se pelo lado direito do gráfico, com exceção da amostra Q5 que ficou próxima ao padrão do lado positivo (Figura 3). Esta separação sugere que as amostras questionadas não possuem a mesma composição elementar das amostras padrão. Além disso, o fato de as amostras questionadas estarem separadas umas das outras sugere também que elas são distintas entre si, ou possuem níveis elementares diferentes entre si, ou representem lotes diferentes, ou ainda, níveis de adulterações diferentes entre as amostras.

Por último, vale destacar que, o XRF é uma técnica de superfície e deve se levar em conta que pode haver uma limitação sobre a posição onde os feixes de raios x tiveram contato com a amostra. Vale destacar que ainda que a amostra Q5 encontra-se espacialmente próxima ao padrão, o que pode se tratar de uma adulteração devido a presença de materiais orgânicos, como folhas e cascas, não sendo possível afirmar que esta esteja íntegra, necessitando de complementaridade com outras técnicas. Por outro lado, o método mostrou promissor para a identificação de material exógeno com características inorgânicas.

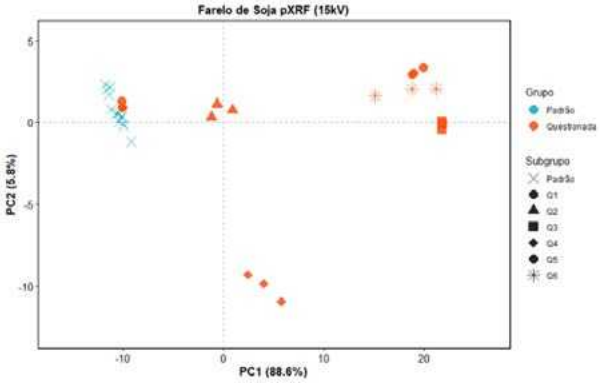


Figura 3. Gráfico de dispersão de escores (PC1 vs. PC2) derivado da Análise de Componentes Principais dos dados de pXRF adquiridos a 15 kV.

O gráfico de loadings da PC1 revela quais elementos químicos foram responsáveis pela separação das amostras, onde cada pico é uma linha de emissão característica de cada energia de emissão Kα para cada elemento químico. No modelo de 30 kV (Figura 4), o principal marcador do Farelo Padrão posicionou-se no lado positivo da PC1, caracterizado pelas linhas de emissão kα do potássio (K), elemento intrínseco à matriz orgânica vegetal da soja. Por outro lado, os marcadores das amostras questionadas agruparam-se no lado negativo das cargas, correspondendo às linhas Kα do silício (Si) e do ferro (Fe). Já no modelo de 15 kV (Figura 5), essa mesma relação apresentou-se matematicamente espelhada no eixo, com o Si e o Fe no lado positivo e o K no lado negativo. Apesar da inversão de sinais intrínseca ao algoritmo da PCA, a oposição química responsável pela separação dos grupos manteve-se idêntica em ambas as tensões. Essa inversão ocorre porque os autovetores de uma PCA não tem um sinal fixo.

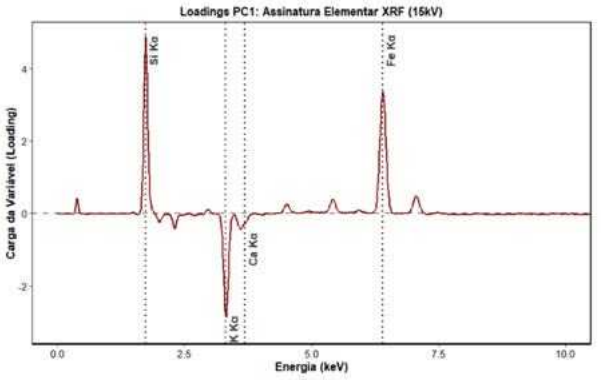


Figura 4. Gráfico de loadings da Componente Principal 1 (PC1) revelando a assinatura elementar por pXRF de 15 kV.

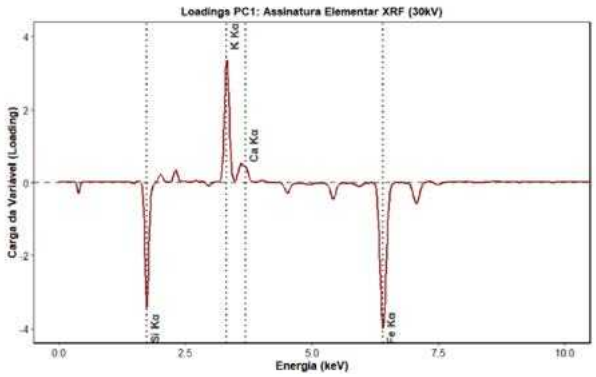


Figura 5. Gráfico de loadings da Componente Principal 1 (PC1) revelando a assinatura elementar por pXRF de 30 kV. É possível observar que houve um ligeiro aumento na altura do pico para Ferro a medida que se aumenta a voltagem de 15kV para 30 Kv.

4. CONCLUSÕES

O pXRF, aliado ao tratamento quimiométrico por PCA, demonstrou ser uma ferramenta analítica rápida e eficiente para discriminar o farelo de soja autêntico de amostras questionadas com base em sua assinatura elementar. A técnica foi fundamental para identificar elementos como silício (Si) e ferro (Fe), evidenciando variações nas composições que são, em sua maioria, imperceptíveis a olho nu, e que podem ser indicativas de adição de material inorgânico. Embora que, por se tratar de uma técnica de superfície, a análise exija precauções metodológicas quanto à homogeneidade da matriz, a metodologia desponta como uma alternativa promissora. O método alinha-se aos princípios da Química Verde, uma vez que não requer o consumo de reagentes químicos ou a geração de resíduos. Aliada à sua elevada frequência analítica e à capacidade de realização de ensaios *in loco*, a abordagem apresenta grande potencial para ser implementada como um método ágil e não-destrutivo na rotina de triagem pericial. Por fim, recomenda-se mais estudos a fim de avaliar os efeitos de matriz e as técnicas de amostragens, além de estudos de adaptação do modelo para análises periciais in loco.

AGRADECIMENTOS

Manifestamos nossa gratidão pelo suporte acadêmico e institucional oferecido pelo Programa de Pós-Graduação da UNESPAR, bem como à Polícia Científica do Paraná, que gentilmente cedeu as amostras questionadas e disponibilizou sua estrutura física e instrumental. Estendemos nossos agradecimentos à empresa Cargill pelo fornecimento das amostras de referência (padrão). Tais colaborações foram essenciais para a viabilização das análises laboratoriais e para o êxito desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

[1] S. Piegas, V.M. Cardoso, M. Jank, L. Gilio. O agro brasileiro está agregando valor às suas exportações? Agro in Data - Insper. Disponível em: https://agro.insper.edu.br/agro-in-data/artigos/o-agro-brasileiro-esta-agregando-valor-as-suas-exportacoes.

[2] Polícia Federal. Polícia Federal deflagra operação que visa combater adulteração em cargas de grãos. Portal Gov.br. Disponível em: https://www.gov.br/pf/pt-br/assuntos/noticias/2025/06/policia-federal-deflagra-operacao-que-visa-combater-adulteracao-em-cargas-de-graos.

[3] R.F. de Camargo, T.R. Tavares, F.R. dos Santos, H.W.P. de Carvalho. “Development of a rapid X-ray fluorescence method for protein determination in soybean grains”. *Food Chemistry* 473 (2025) 143095.

[4] D.A. Davis (ed.). Feed and Feeding Practices in Aquaculture. Woodhead Publishing, Cambridge (2015) 141-169.

[5] E. Marguí, I. Queralt, E. de Almeida. “X-ray fluorescence spectrometry for environmental analysis: Basic principles, instrumentation, applications and recent trends”. *Chemosphere* 303 (2022) 135006.

[6] FERREIRA, M. M. C. Quimiometria: conceitos, métodos e aplicações. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2015.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Vestígios de fluidos corporais: um olhar sob a espectroscopia raman

J. O. Santos[a,b*], L. A. S. Riberiro [b], A. M. Batista [b], A. Z. Freitas [b], N. U. Wetter [b]

[a]*Instituto de Criminalística, Superintendência da Polícia Técnico Científica, São Paulo (SP), Brasil*
[b]*Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares—Ipen-São Paulo (SP), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: jeane.jos@policiacientifica.sp.gov.br Tel.: +55-1197134-2104*

Palavras-chave: Espectroscopia Raman; Ciência Forense; Fluidos Corporais; Quimiometria.

1. INTRODUÇÃO

A análise preliminar de materiais biológicos, particularmente fluidos corporais, representa um desafio significativo na rotina dos laboratórios forenses. A correta identificação desses vestígios é fundamental para a investigação criminal, uma vez que pode fornecer informações relevantes para a reconstrução da dinâmica dos fatos e para a vinculação de indivíduos a um determinado evento. Entretanto, os métodos tradicionalmente empregados para a identificação de fluidos corporais frequentemente apresentam limitações, como baixa especificidade, resultados inconclusivos, caráter destrutivo e potencial interferência em análises subsequentes de DNA.

Nesse contexto, a espectroscopia Raman tem despertado crescente interesse na área forense por se tratar de uma técnica rápida (com ampla aplicação), não destrutiva e capaz de fornecer informações moleculares específicas sobre a composição química das amostras. Além disso, a utilização da Espectroscopia Raman Intensificada por Superfície (Surface-Enhanced Raman Spectroscopy – SERS) tem ampliado significativamente a sensibilidade analítica da técnica, permitindo a detecção de compostos presentes em baixas concentrações e substratos.

2. ESPECTROSCOPIA RAMAN E CIÊNCIA FORENSE

Estudos anteriores demonstraram o potencial da espectroscopia Raman para a identificação de diferentes fluidos corporais, incluindo sangue, sêmen, saliva, urina e fluido vaginal, apresentando elevada capacidade discriminatória mesmo quando as amostras se encontram degradadas ou depositadas sobre diferentes substratos. Os resultados obtidos nesses trabalhos indicam que a técnica pode fornecer assinaturas espectrais características de cada fluido biológico, contribuindo para aumentar a confiabilidade das análises periciais e reduzir a necessidade de procedimentos destrutivos.

2.1. Amostra Forense e Espectroscopia Raman

Diante desses avanços, o presente estudo tem como objetivo avaliar a aplicabilidade da espectroscopia Raman na identificação de fluidos corporais, uma vez que, a identificação de sangue humano a partir da análise de uma única hemácia, obtenção de informações adicionais sobre origem de uma amostra (qual fluido corporal) destruição de evidências, misturas de fluidos, foram alcançadas combinando a RS com análise estatística aprimorada como Principal Componente Análises (PCA), Análise Discriminante por Mínimos Quadrados Parciais – Parcial Least Square Discrimina Ting Analysis (PLSDA) e

Análise Discriminante por Máquina de Vetores de Suporte – Suppotig Vactor Machine by Discriminating Analysis (SVMDA).

3. OBJETIVO

Desenvolver um método auxiliar através da espectroscopia Raman para a caracterização de materiais biológicos forense.

- Constatação de fluidos corporais em amostras forenses no caso de misturas ou exiguidades.
- Identificação de fluidos corporais com utilização das respectivas bibliotecas espectrais disponíveis no equipamento e as que tencionamos preparar.
- Construção de um banco de dados espectrais para as amostras que não estiverem disponíveis no banco de dados já existente.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras biológicas provenientes dos locais de crime, em suas variedades (sangue, sêmen, urina, saliva) fornecidas pelo Núcleo de Biologia e Bioquímica.

Padronizadas em 4 (quatro) grupos: Amostra referência, Amostras conhecidas, Amostras desconhecidas; Amostras por Luminol (apenas sangue).

As amostras são submetidas à varredura em sua integridade (substrato de origem) ou diluídas em água, 1µl em lâmina de substrato adequado e após secagem de 12h. Na sequência, submetidas à varredura espectroscópica em uma área de 75 x 75 µm, lente com aumento de 50x, excitadas por laser 785nm, grade de difração 300, medindo espectros Raman de 16 pontos aleatórios na área, com acumulações de 10s em cada ponto. Serão submetidas às análises de conjunto de dados de acordo com suas especificidades, para calibração e conjunto de modelos de dados – PCA, SVMDA, PLSDA - considerando estudos anteriores para fluidos corporais, respectivamente.



Figura 1. Recortes com manchas características dos biofluidos sangue e sêmen, tendo como controle sua ausência na região mais periférica.

5. RESULTADOS PRELIMINARES

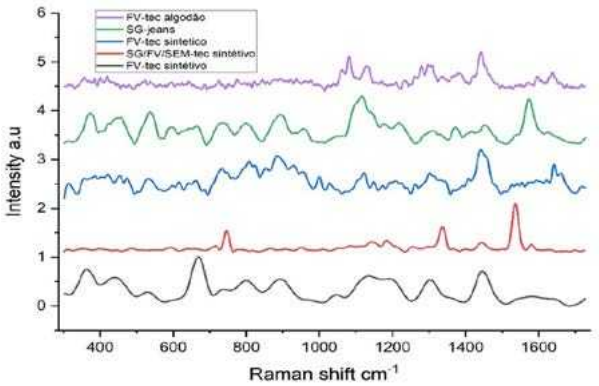


Figura 2. Espectro Raman após Correção de Base e Normalização de todas as amostras: fluido vaginal em tecido de algodão, sangue-jeans, fluido vaginal em tecido sintético, fluído vaginal, mistura de sangue, fluido vaginal e sêmen em tecido sintético e fluido vaginal em tecido sintético.

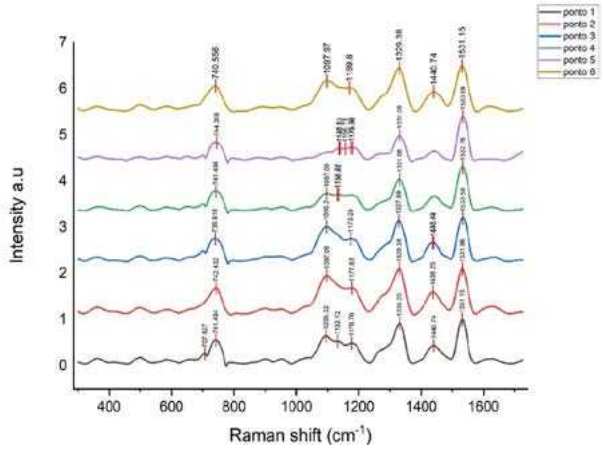


Figura 3. Amostra com mistura de biofluidos: fluido vaginal, sêmen e sangue em substrato de tecido sintético, com identificação do pico 1330-1337 cm-1.

Os resultados representam um pequeno parcial das análises iniciais que tem como objetivo entender como se comportam as amostras perante a técnica Raman.

Na região central concentram-se o biofluido e na área mais periférica foi estabelecido o branco (controle) durante os testes presuntivos no Laboratório do NBB, conforme é possível observar na Imagem 1.

Foi possível observar as similaridades entre os espectros do branco e biofluido alvo, respectivamente,

A concentração e distribuição do material biológico pode ser notado demonstrando simetria.

Foi realizada a decomposição da varredura do ponto 1 ao ponto 6, com a identificação de seus respectivos picos, conforme Figura 3. Esta pequena demonstração da mistura dos biofluidos sangue, fluido vaginal e sêmen, representa mais uma complexidade no contexto forense. Também é possível observar que os deslocamentos Raman Shift se repetem em todos os pontos

do mapeamento da amostra, entre 707 e 1600 cm-1, com exceção do 1330-1337cm-1, que corresponde a uma proteína, a Amina III. Este grupo de proteína está presente na composição do fluido vaginal.

6. CONCLUSÕES

Essas análises iniciais mostraram resultados promissores e destacam a necessidade de uma exploração mais aprofundada da técnica SERS, especialmente considerando a interferência do substrato e as correlações com o tempo de deposição da amostra. Este estudo revela, portanto, o significativo potencial da técnica Raman em investigações criminais.

AGRADECIMENTOS

Núcleo de Biologia e Bioquímica do Instituto de Criminalística da Superintendência Técnico-Científica do Estado de São Paulo Clínica de Reprodução Humana Synesis

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] S. R. Khandasamy. et al. Applications of Raman spectroscopy in forensic science. Forensic Chemistry, v. 8, p. 111–125, 2018.

[2] C. K. Muro et al. Identification of body fluids using Raman spectroscopy and chemometrics. Analytical Chemistry, v. 88, n. 24, p. 12489–12495, 2016.S.C.P. Silva.

[3] C. Taylor, Mistek E., Halamkova L., Lednev I. K. - Raman spectroscopy for forensic semen identification: Method validation vs. environmental interferences Vibrational Spectroscopy 109 103065 (2020

[4] Vyas B., Halamkova L., Lednev I. K. - A universal test for forensic identification of all main body fluids including urine - Forensic Chemistry 20 (2020) 100247

[5] Sikirzhytskaya A., Sikirzhytski V., Almodovar L-P., Lednev I. K - Raman spectroscopy for the identification of body fluid traces: Semen and vaginal fluid mixture - Forensic Chemistry 32 100468 (2023).

[6] Kistenev, Y.V., Borisov, A.V., Samarinova, A.A. et al. A novel Raman spectroscopic method for detecting traces of blood on an interfering substrate. Sci Rep 13, 5384 (2023). https://doi.org/10.1038/s41598-023-31918-9.

EDIÇÃO ESPECIAL
REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA
2026
ISSN 2237-9223

Trabalhos apresentados

XXVIII Congresso Nacional de Criminalística
XI Congresso Internacional de Perícia Criminal
XXVIII Exposição de Tecnologias Aplicadas à Criminalística
27 a 30 de outubro • Wish Serrano • Gramado/RS

Ementas aprovadas para a sessão de apresentações orais

OUTUBRO/2026

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Microcomparação balística como ferramenta de vinculação entre locais de crime distintos: Estudo de caso com 23 ocorrências nos municípios de Manaus e Iranduba - AM

J. M. Rocha[a,*], J. S. Braga[a], C. U. G. Neiss[a], A. Alves-Pereira[a]

[a]*Instituto de Criminalística, Departamento de Polícia Técnico Científica, Manaus (AM), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: mat.rocha@live.com. Tel.: +55-51-98918-0080.*

Palavras-chave: Balística; Comparação balística, SINAB; Identification hit; Link hit.

A dispersão de vestígios balísticos em locais de crimes violentos apresenta um desafio para a segurança pública, especialmente quando não há flagrante delito ou apreensão imediata da arma de fogo utilizada. O problema central reside na ocorrência de eventos que, embora tenham acontecido em espaço-tempo distintos, podem apresentar vinculações sejam elas por infrator, finalidade do delito ou instrumento utilizado. Segundo Tochetto (2011), as marcas microscópicas deixadas pelas armas de fogo nos projéteis permitem sua identificação e a correlação entre diferentes eventos criminais. Desta forma, este trabalho discorre acerca de um relato de caso resultante da correlação de uma série de vinte e três ocorrências criminais tecnicamente vinculadas por meio do exame de comparação de elementos de munição (estojos e projéteis) coletados em locais de crimes, vítimas e com padrões de armas de fogo apreendidas e encaminhados para análise.

Sabe-se que para que se possa realizar a análise de comparação balística são necessários ao menos dois projéteis, sendo um coletado de um local de crime ou a partir da coleta no cadáver durante a necropsia (projétil questionado) e outro coletado pelo perito criminal em ambiente controlado (projétil padrão) (Rodrigues, 2024). Além da identificação da arma de fogo utilizada no ilícito (identification hit), por meio da comparação entre projéteis ou estojos, é possível relacionar locais de crime com base nos vínculos entre vestígios de locais (link hit). Com a implementação do SINAB tornou-se possível realizar estas correlações de maneira rápida, automática e independente de requisição, determinando assim um nexo entre locais de crimes e desses com a arma de fogo utilizada.

O objetivo deste estudo é demonstrar a importância da análise sistemática de vestígios balísticos em locais de crime, com ênfase nos calibres .40 S&W, 9mm e 38SPL, os mais encontrados em locais de crime de homicídio (FBI, 2019, apud Trindade, 2021, p. 14), além de correlacionar casos criminais tratados inicialmente como isolados, demonstrar o nexo causal entre estes e analisar cronologicamente os fatos através de uma análise balística, tendo como premissa que as características deixadas pela arma de fogo nos componentes da munição são únicas e atuam como vínculo entre eventos aparentemente desconexos.

Realizou-se análise de projétil de arma de fogo, com elaboração de laudo descritivo de suas características gerais, seguido de inserção no Sistema Nacional de Análise Balística (SINAB), que indicou correlação com projétil oriundo de outro local de crime. A correspondência foi verificada por meio de microcomparador balístico pelos peritos criminais e que, após a confirmação do vínculo, procederam à consulta dos laudos periciais relacionados, visando à identificação de outros vestígios e/ou vítimas associadas. Os elementos adicionais, seguindo o procedimento inicial nos novos vestígios, foram avaliados quanto à compatibilidade entre si e com as armas de fogo apreendidas, permitindo o estabelecimento de nexo balístico entre diferentes ocorrências.

Os resultados obtidos demonstram que a perícia de comparação balística permitiu o estabelecimento de uma correlação entre dezoito locais de homicídio, ocorridos nos municípios de Manaus e Iranduba, distantes entre si aproximadamente 30 km, e cinco ocorrências que resultaram em apreensão de armas de fogo, fornecendo prova técnica material que unifica as investigações desenvolvidas pela Polícia Civil.

Em conclusão, o estudo de caso evidencia que a conexão entre vestígios balísticos é uma ferramenta capaz de auxiliar na compreensão da dinâmica criminal fornecendo subsídio para materialidade e autoria. O estudo demonstra que a análise minuciosa de cada local de crime, aliada ao processamento e cruzamento de dados balísticos por meio do SINAB, permite à perícia atuar de forma proativa na investigação, identificando vínculos entre vestígios independentemente de requisição prévia da autoridade policial, e produzindo conclusões precisas sobre o uso reiterado de armas de fogo em séries criminosas.

REFERÊNCIAS:

RODRIGUES, Saul Barbosa da Silva. A implementação do Banco Nacional de perfis balísticos: a experiência Norte-Riograndense. 2024.

TOCHETTO, Domingos. Balística forense: aspectos técnicos e jurídicos. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 2011.

TRINDADE, Valmo Júnior Lemos. Comparação Entre os Principais Calibres de Armamento de Porte e as Implicações no seu Emprego, 2021.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Validação estatística do desempenho do sistema Quantum como ferramenta de apoio ao SINAB

F. C. S. Gervásio[a,*]

[a]*Perícia Forense do Estado do Ceará, Ceará (CE, Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: gervasio.silva@gmail.com.br*

Palavras-chave: desempenho estatístico; FMR; FNMR; validação; sistemas de comparação.

A crescente utilização do Sistema Nacional de Análise Balística (SINAB) exige mecanismos confiáveis de validação que garantam precisão, agilidade e segurança nas decisões técnicas. Nesse contexto, torna-se essencial a confirmação eficiente de correspondências balísticas diante do elevado volume de dados e da relevância jurídica dos resultados produzidos.

Este trabalho teve como objetivo validar estatisticamente o Quantum como ferramenta auxiliar no processo de confirmação de correspondências balísticas no SINAB. O estudo insere-se no contexto da balística forense aplicada ao sistema nacional responsável pelo armazenamento e comparação de evidências balísticas provenientes de diferentes investigações criminais. Nesse ambiente, o Quantum atua como ferramenta de apoio à análise de similaridade entre amostras previamente classificadas por especialistas.

A pesquisa parte da premissa de que sistemas automatizados de comparação balística devem ser submetidos a rigorosos processos de validação estatística antes da utilização pericial. Em ciências forenses, a confiabilidade metodológica é requisito fundamental, pois os resultados podem impactar diretamente investigações criminais. Assim, métricas quantitativas como False Match Rate (FMR) e False Non-Match Rate (FNMR) foram utilizadas para mensurar objetivamente a capacidade do sistema em distinguir amostras provenientes da mesma arma ou não.

Outra premissa considerada é que o desempenho desses sistemas depende diretamente da definição adequada de limiares decisórios. Dessa forma, a metodologia buscou equilibrar FMR e FNMR, evitando falsas associações entre evidências e a perda de vínculos balísticos. Foram utilizadas bases Same Source-SS e Different Source-DS, construídas a partir de correspondências previamente confirmadas por especialistas, garantindo robustez experimental e aderência às condições reais de aplicação forense.

Os dados foram organizados conforme origem das comparações (SS e DS), escore de similaridade, limiar de decisão, classificação estatística (TP, FP, TN e FN) e calibre analisado, sendo todas as comparações realizadas individualmente para cada par de amostras.

Para o calibre .38, analisaram-se 128 comparações SS e 6.555 DS, obtendo-se FMR de 0,20% e FNMR de 3,90%. No calibre .40, foram realizadas 355 comparações SS e 15.574 DS, com FMR de 0,44% e FNMR de 4,80%. Já no calibre 9 mm, avaliaram-se 96 comparações SS e 2.926 DS, resultando em FMR de 0,55% e FNMR de 4,20%.

Os resultados demonstraram desempenho estatisticamente satisfatório em todos os calibres avaliados, com baixas taxas de falsos positivos e níveis aceitáveis de falsos negativos, compatíveis com sua utilização como ferramenta de apoio à validação pericial. O sistema manteve equilíbrio adequado entre FMR e FNMR, atendendo aos critérios estatísticos estabelecidos. Ressalto que o Quantum não substitui o perito especializado, mas otimiza o processo de confirmação de correspondências balísticas.

Entre as limitações do estudo destacam-se o desbalanceamento amostral entre os calibres e a quantidade limitada de correspondências previamente confirmadas. Como perspectiva futura, recomenda-se a

ampliação da base de dados e a avaliação do sistema sob diferentes limiares decisórios, permitindo análises estatísticas mais robustas. Conclui-se que a avaliação estatística é etapa essencial na validação de sistemas de comparação, sendo FMR e FNMR métricas fundamentais para análise objetiva do desempenho do sistema.

REFERÊNCIAS:

MORRISON, G. S. Measuring the validity and reliability of forensic likelihood-ratio systems. Science & Justice, v. 51, n. 3, p. 91–98, 2011;

ENFSI. Guideline for Evaluative Reporting in Forensic Science. European Network of Forensic Science Institutes, 2015

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise Forense do Mecanismo de Bloqueio de Aplicativos (App Lock) em Dispositivos Xiaomi: Identificação de Artefatos e Inferência de Credenciais

M. A. Hempkemeyer[a,*]

[a]*Seção de Computação Forense, Polícia Científica do Paraná, Curitiba (PR), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: michael.andre@policiacientifica.pr.gov.br*

Palavras-chave: Perícia computacional; dispositivos móveis; Xiaomi; App Lock; análise forense.

1. INTRODUÇÃO

A análise forense de dispositivos móveis tem sido impactada pela adoção de mecanismos adicionais de segurança implementados por fabricantes, os quais, embora não impeçam necessariamente a extração de dados por meio de ferramentas forenses especializadas, podem restringir a interação manual com o dispositivo, dificultando a execução de procedimentos complementares.

Ferramentas forenses consolidadas permitem a obtenção abrangente de dados em nível de sistema de arquivos. Entretanto, em determinados cenários, podem se mostrar insuficientes para viabilizar o acesso a conteúdos protegidos por mecanismos proprietários implementados ao nível da interface do usuário.

Dentre tais mecanismos, destaca-se a funcionalidade de bloqueio de aplicativos (App Lock) presente em dispositivos Xiaomi (MIUI/HyperOS), a qual permite restringir o acesso a aplicações específicas mediante autenticação independente da senha de desbloqueio do dispositivo.

Esse recurso pode inviabilizar atividades periciais relevantes, tais como o acesso manual a aplicativos, a verificação de configurações do sistema e a execução de procedimentos complementares.

Em aplicações como o Signal [1], cuja arquitetura prioriza a proteção dos dados, a limitação torna-se ainda mais relevante, uma vez que a análise pode depender de interação direta com o aplicativo.

Diante da ausência de mecanismos, em ferramentas forenses amplamente utilizadas no contexto pericial, capazes de identificar ou inferir a credencial associada ao bloqueio de aplicativos, o presente trabalho tem como objetivo analisar o funcionamento desse mecanismo em dispositivos Xiaomi, identificar os artefatos relacionados e propor abordagem para inferência da credencial configurada.

2. CENÁRIOS DE APLICAÇÃO

A presente pesquisa foi motivada por cenários práticos observados em contexto pericial, nos quais a funcionalidade de bloqueio de aplicativos em dispositivos Xiaomi impôs limitações relevantes à análise.

O primeiro cenário envolve a análise de aplicações de comunicação com foco em privacidade, como o Signal, cuja arquitetura dificulta a interpretação dos dados mesmo após a extração completa do sistema de arquivos. Nesses casos, a obtenção de informações relevantes pode depender da interação direta com o aplicativo em execução no dispositivo, o que se torna inviável quando há bloqueio adicional por App Lock, como, por exemplo, na realização de extração de conversas por meio de mecanismos de backup [3], quando as ferramentas tradicionais não possuem suporte para decodificação dos dados extraídos.

O segundo cenário refere-se à necessidade de execução de procedimentos técnicos diretamente no dispositivo, tais como a habilitação do modo desenvolvedor e da depuração USB, com o objetivo de viabilizar

coletas complementares de dados ou metadados. Em determinadas configurações, o acesso às configurações do sistema pode estar protegido pelo mecanismo de bloqueio de aplicativos, inviabilizando a execução desses procedimentos.

Em ambos os cenários, a presença do bloqueio de aplicativos atua como barreira adicional à análise forense, mesmo quando a extração de dados foi realizada com sucesso, evidenciando a necessidade de compreensão técnica e eventual superação desse mecanismo.

3. METODOLOGIA

O estudo foi conduzido por meio de abordagem empírica aliada à engenharia reversa, com validação em ambiente controlado, visando garantir a reprodutibilidade dos resultados.

Inicialmente, foi realizada a preparação do ambiente de teste, com dispositivos Xiaomi descritos na tabela abaixo, configurados com a funcionalidade de bloqueio de aplicativos ativa [2], utilizando diferentes tipos de credenciais, incluindo padrão geométrico, numérico e senha alfanumérica.

Tabela 1 - Dispositivos utilizados nos testes

Dispositivos Xiaomi do Ambiente de Teste		
Modelo Comercial	Modelo Técnico	Versão Sistema Operacional
Redmi 12	23053RN02A	13
Redmi Note 9S	M2003J6A1G	10
Redmi note 9t	M2007J22G	10

Observa-se que, para o padrão geométrico, é possível utilizar todos os pontos de uma grade 3×3, com exigência mínima de 4 pontos. Para a senha numérica, foi identificado que o sistema limita a entrada a exatamente 4 dígitos nos testes realizados. Já para a senha alfanumérica, observou-se a possibilidade de utilização de 4 a 11 caracteres.

Com o modo de depuração ativado, procedeu-se à interação controlada com o dispositivo por meio de shell ADB em ambiente Windows, permitindo observar o comportamento do sistema operacional ao acessar aplicações protegidas.

Por meio do comando "*adb shell dumpsys window | grep -E "mCurrentFocus|mFocusedApp"* foi possível identificar o serviço responsável pela implementação do bloqueio, vinculado ao componente nativo de segurança "*com.miui.securitycenter/com.miui.applicationlock.ConfirmAccessControl*". Considerando que a remoção ou alteração de componentes de segurança do sistema pode acarretar impactos irreversíveis na evidência digital, optou-se por abordagem não invasiva, baseada exclusivamente na análise de artefatos presentes no sistema de arquivos.

A partir da análise do sistema de arquivos completo extraído por ferramenta forense especializada (Cellebrite Premium – Inseyets UFED Pro), foram identificados os arquivos access_control.key e access_control_password_type.key localizados no diretório /data/system.

A análise desses artefatos indicou:

- associação com o mecanismo de bloqueio de aplicativos;
- armazenamento do tipo de credencial configurada;
- presença de conteúdo compatível com mecanismos de derivação baseados em funções hash;

O arquivo access_control_password_type.key apresentou indicação direta do tipo de credencial utilizada sendo pattern, numeric e mixed para geométrica, numérica e alfanumérica, respectivamente.

Já o arquivo access_control.key, analisado com auxílio do software HxD, apresentou tamanhos diferentes, sendo observado um tamanho para credenciais geométricas e outro, distinto, para credenciais numéricas e alfanuméricas, conforme imagens abaixo.

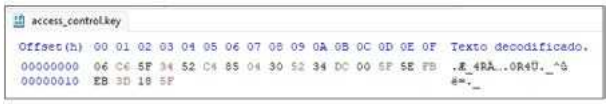


Figura 1 - Conteúdo em hexadecimal do arquivo access_control.key obtido através do HxD. de uma senha geométrica

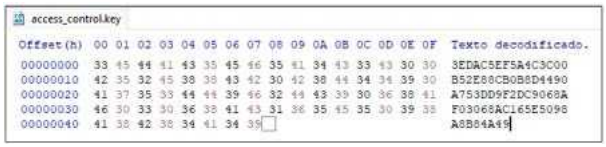


Figura 2 - Conteúdo em hexadecimal do arquivo access_control.key obtido através do HxD. de uma senha numérica

Em relação ao tipo geométrico (pattern) foi observado que o tamanho em bytes correspondia ao tamanho de saída de um hash SHA-1. Com base nessa hipótese, foi desenvolvido script em linguagem Python para geração de combinações de credenciais e cálculo de seus respectivos valores de hash, utilizando abordagem de força bruta controlada. Após testes iniciais, foi observado que o valor submetido à função hash não correspondia a uma representação textual da senha, mas sim a uma sequência ordenada de índices que representam os pontos selecionados na grade 3×3 do sistema, convertida em formato binário (bytes) antes da aplicação da função SHA-1.

A inferência da credencial foi implementada por meio de busca em profundidade (DFS), com geração de combinações válidas conforme as regras estrutu-

rais do padrão, incluindo a não repetição de pontos e a obrigatoriedade de passagem por pontos intermediários.

Ademais, observou-se que, para credenciais do tipo padrão geométrico, a mesma senha resultava no mesmo valor de hash SHA-1 em diferentes equipamentos, indicando a ausência de elementos adicionais no processo de geração do valor armazenado.

Por outro lado, para credenciais do tipo numérica e alfanumérica, verificou-se que, embora o tamanho do valor armazenado no arquivo access_control.key fosse idêntico entre si, a mesma senha resultava em valores distintos quando aplicada em diferentes dispositivos. Esse comportamento indicou a presença de parâmetros adicionais no processo de derivação, possivelmente associados ao usuário ou ao próprio equipamento, motivando análise aprofundada do mecanismo interno de geração desses valores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que o mecanismo de armazenamento de credenciais varia conforme o tipo de senha configurada, apresentando diferenças significativas entre padrões geométricos e credenciais textuais (numéricas e alfanuméricas).

Enquanto o padrão geométrico utiliza um modelo direto baseado em função hash, credenciais textuais empregam um processo de derivação mais complexo, envolvendo parâmetros adicionais específicos do usuário.

4.1. Credencial do tipo padrão geométrico (Pattern)

Inicialmente, foram consideradas as regras de formação de padrões válidos do sistema Android, incluindo a não repetição de pontos e a obrigatoriedade de passagem por pontos intermediários previamente utilizados, o que reduz significativamente o espaço de busca.

Os testes iniciais indicaram ausência de correspondência para credenciais do tipo padrão geométrico quando utilizada a modelagem convencional baseada na numeração de 1 a 9.

Esse resultado levou à formulação de hipótese alternativa quanto à forma de indexação dos pontos do padrão geométrico.

A adoção de modelo baseado em indexação de 0 a 8 resultou na identificação de correspondência entre o valor gerado e o valor armazenado no arquivo access_control.key.

A validação prática da credencial obtida confirmou a eficácia da abordagem, permitindo o desbloqueio do mecanismo de App Lock.

Os resultados indicam que o mecanismo analisado utiliza função hash SHA-1 aplicada diretamente à sequência binária correspondente ao padrão geométrico, sem evidência de mecanismos adicionais de proteção, como uso de *salt* ou funções de derivação de chave. Além disso, em todos os equipamentos testados foi observado que a mesma senha resultava no mesmo valor de hash SHA-1.

4.2. Credencial do tipo Numérico (PIN)

Diferentemente do observado para o padrão geométrico, o comportamento das credenciais numéricas não se mostrou determinístico. Durante os testes, verificou-se que uma mesma senha resultava em valores distintos no arquivo access_control.key quando aplicada em diferentes dispositivos, o que indicou, desde o início, a presença de algum parâmetro adicional no processo de geração desse valor.

A análise do fluxo interno do sistema confirmou essa hipótese. O valor armazenado não corresponde a um hash direto da senha informada, nem a uma simples transformação textual. Em vez disso, a derivação final da credencial é realizada por um serviço interno do MIUI, e não pela própria interface do App Lock. Esse serviço reutiliza uma rotina legada herdada do Android para produzir o valor que será efetivamente persistido pelo sistema.

Nesse contexto, foi possível identificar que o sistema incorpora um valor de *salt* associado ao usuário, armazenado na chave lockscreen.password_salt do banco locksettings.db. Esse valor, originalmente um inteiro longo, é convertido para sua representação hexadecimal e utilizado em conjunto com a senha informada. A credencial, após convertida para bytes, é concatenada com essa representação do *salt*, formando a entrada do processo de derivação.

Sobre esse valor concatenado são então aplicadas duas funções hash distintas, SHA-1 e MD5, cujos resultados são concatenados e posteriormente codificados em hexadecimal, originando o conteúdo final armazenado no arquivo access_control.key.

Esse modelo explica diretamente o tamanho observado do artefato. O SHA-1 gera 20 bytes (40 caracteres hexadecimais) e o MD5 gera 16 bytes (32 caracteres hexadecimais), resultando em um total de 72 caracteres hexadecimais — exatamente o valor identificado nos testes.

A validação foi realizada a partir da própria extração analisada. O arquivo access_control_password_type.key indicava o tipo numeric, enquanto o conteúdo de access_control.key correspondia ao valor

derivado conforme o modelo descrito, utilizando o *salt* obtido do banco locksettings.db.

Na prática, verificou-se que tanto os modos numeric quanto mixed utilizam o mesmo mecanismo de derivação legado do Android, herdado do modelo de armazenamento de credenciais associado ao arquivo password.key, diferindo apenas quanto à forma de entrada da senha. Essa característica permite a aplicação de técnicas conhecidas de análise, desde que disponíveis os parâmetros necessários, especialmente o valor de *salt*.

4.3. Credencial do tipo alfanumérica (password)

Para credenciais alfanuméricas, identificadas pelo tipo mixed, verificou-se comportamento equivalente ao observado para credenciais numéricas. Durante os testes, constatou-se que uma mesma senha resultava em valores distintos no arquivo access_control.key quando aplicada em diferentes dispositivos, indicando a utilização do mesmo mecanismo de derivação dependente de parâmetros adicionais, como o valor de *salt*.

A análise do fluxo interno demonstrou que essas credenciais seguem o mesmo processo de derivação descrito na seção anterior, incluindo a utilização do valor lockscreen.password_salt, sua conversão para formato hexadecimal e a aplicação combinada das funções SHA-1 e MD5.

Assim, não há distinção no mecanismo de armazenamento entre credenciais numéricas e alfanuméricas, sendo a diferença restrita à natureza da entrada fornecida pelo usuário. Enquanto o tipo numeric limita a entrada a dígitos, o tipo mixed permite cadeias alfanuméricas com maior complexidade, sem alteração no processo de derivação do valor armazenado.

4.4. Abordagens de inferência e técnicas de cracking

A partir dos mecanismos identificados para cada tipo de credencial, foram adotadas abordagens distintas para inferência das senhas configuradas, em função das diferenças estruturais observadas no processo de armazenamento.

Para credenciais do tipo padrão geométrico, a inferência foi realizada por meio de script desenvolvido em linguagem Python, baseado em geração de combinações válidas conforme as regras do padrão Android. Considerando que o valor armazenado corresponde à aplicação direta da função SHA-1 sobre uma sequência binária representando os pontos selecionados, tornou-se necessária a modelagem específica dessa estrutura, não sendo aplicáveis ferramentas tradicionais de cracking baseadas em entrada textual.

Por outro lado, para credenciais dos tipos numérica e alfanumérica, a abordagem adotada baseou-se na utilização da ferramenta Hashcat, em conjunto com técnicas conhecidas de cracking de credenciais do Android em seu modelo legado. Nesse caso, a equivalência entre o mecanismo identificado e o utilizado no armazenamento de credenciais do sistema permitiu a aplicação de métodos já consolidados, desde que previamente obtidos os parâmetros necessários, em especial o valor de *salt* associado ao usuário.

Dessa forma, observa-se que a viabilidade de utilização de ferramentas tradicionais de cracking está diretamente relacionada ao modelo de armazenamento adotado para cada tipo de credencial, exigindo, no caso do padrão geométrico, abordagem customizada, e, para credenciais textuais, adaptação de técnicas já conhecidas no contexto de análise forense de dispositivos Android.

4.5. Considerações gerais de segurança

Os resultados obtidos evidenciam que o mecanismo de bloqueio de aplicativos em dispositivos Xiaomi adota abordagens distintas conforme o tipo de credencial, variando entre um modelo determinístico para padrões geométricos e um modelo derivado, baseado em *salt*, para credenciais textuais.

Do ponto de vista pericial, essa distinção impacta diretamente a viabilidade de inferência das credenciais, sendo mais imediata no caso de padrões geométricos e condicionada à obtenção de parâmetros adicionais, como o valor de *salt*, no caso de credenciais numéricas e alfanuméricas.

Observa-se, ainda, que o mecanismo empregado para credenciais textuais é baseado em modelo legado do Android, com aplicação das funções SHA-1 e MD5 sobre o valor derivado, cujos resultados são posteriormente concatenados. Embora a utilização de *salt* represente uma melhoria em relação a abordagens determinísticas, o emprego de funções consideradas obsoletas para fins criptográficos pode ser entendido como uma limitação do ponto de vista de segurança.

Adicionalmente, a reutilização desse modelo indica ausência de adoção de mecanismos mais robustos de proteção de credenciais disponíveis em versões mais recentes do sistema.

5. LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

O presente estudo apresenta limitações relacionadas à quantidade de dispositivos e versões do sistema

operacional analisadas, não sendo possível generalizar os resultados para todas as versões do MIUI/HyperOS.

Adicionalmente, não foi possível verificar eventuais alterações no mecanismo de derivação das credenciais em versões mais recentes do sistema, o que pode impactar a aplicabilidade da metodologia proposta, especialmente considerando a possível substituição de mecanismos legados por abordagens mais modernas.

Outra limitação relevante refere-se à dependência de acesso ao sistema de arquivos completo, necessária para obtenção de artefatos críticos, como o valor de *salt*, sem o qual não é possível reproduzir o processo de derivação de credenciais textuais.

Como trabalhos futuros, sugerem-se:

- análise comparativa entre diferentes versões do sistema Xiaomi;
- avaliação de outros fabricantes com mecanismos similares;
- desenvolvimento de ferramenta automatizada para identificação, extração e análise desses artefatos;

6. CONCLUSÕES

O presente trabalho demonstrou que o mecanismo de bloqueio de aplicativos em dispositivos Xiaomi pode ser analisado por meio da identificação e interpretação de artefatos específicos no sistema de arquivos.

Os resultados evidenciaram que o processo de armazenamento de credenciais da função nativa de App Lock varia conforme o tipo de senha utilizada. Enquanto o padrão geométrico é armazenado por meio de função hash SHA-1 aplicada diretamente à sua representação estrutural, credenciais numéricas e alfanuméricas utilizam mecanismo de derivação baseado no modelo legado do Android, com aplicação das funções SHA-1 e MD5, cujos resultados são concatenados, com uso de *salt* por usuário.

A metodologia proposta mostrou-se eficaz para compreensão desses mecanismos e para reprodução do processo de derivação, permitindo, em cenários específicos, a inferência da credencial configurada pelo usuário, especialmente no caso de padrões geométricos ou quando disponíveis os parâmetros necessários para credenciais textuais.

Os achados reforçam a relevância da análise empírica e da engenharia reversa de artefatos proprietários no contexto da perícia computacional, bem como evidenciam a persistência de mecanismos legados em sistemas atuais, os quais podem representar limitações do ponto de vista de segurança.

Ressalta-se, contudo, que a aplicação da metodologia proposta depende da obtenção prévia de extração completa do sistema de arquivos do dispositivo, condição essencial para acesso aos artefatos analisados. Dessa forma, a técnica descrita não constitui método autônomo de superação do bloqueio, estando condicionada ao uso de ferramentas forenses capazes de viabilizar tal nível de extração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Sginal. Disponível em: https://signal.org/pt_BR/. Acesso em: 29/03/2026.

[2] Application Lock. Disponível em: https://www.mi.com/global/support/article/KA-03725/. Acesso em: 29/03/2026.

[3] Signalbackup-tools. Disponível em: https://github.com/bepaald/signalbackup-tools. Acesso em: 30/03/2026.

[4] Breaking Samsung Android Passwords/PIN. Disponível em: https://www.web3us.com/cyber-security/breaking-samsung-android-passwordspin. Acesso em: 02/04/2026.

[5] Breaking Samsung Android Passwords/PIN. Disponível em: https://hashcat.net/forum/thread-2202.html. Acesso em: 02/04/2026.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise Forense de Vídeo e Modelagem Computacional 3D Aplicadas à Reconstituição de Cena de Crime: Estudo do Caso de Tiroteio em Restaurante em Belém-PA

I. R. Maciel[a*]

[a]*Instituto de Criminalística / Polícia Científica do Estado do Pará, Belém (PA), Brasil*
[*]*Endereço para correspondência: ibsen.maciel@policiacientifica.pa.gov.br | Tel.: +55-21-964787006*

Palavras-chave: análise de vídeo; reconstrução 3D; balística forense; computação forense; cadeia de custódia.

O crescente uso de sistemas de videomonitoramento em ambientes urbanos tem ampliado significativamente o volume de evidências audiovisuais disponíveis em investigações criminais. Entretanto, a interpretação desses dados ainda apresenta desafios relevantes, especialmente em eventos complexos envolvendo múltiplos agentes, movimentação dinâmica e uso de armas de fogo. Nesse contexto, a integração entre análise forense de vídeo e modelagem computacional tridimensional surge como uma abordagem promissora para reconstrução de cenas de crime e determinação da dinâmica dos fatos.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a aplicação prática dessas técnicas no caso de um tiroteio ocorrido em um restaurante no bairro da Marambaia, em Belém-PA, durante uma tentativa de assalto, no qual houve uma vítima fatal e múltiplos feridos. A complexidade do caso residia na necessidade de determinar a origem do disparo que resultou no óbito, distinguindo se este teria sido efetuado por assaltantes ou por agentes de segurança pública presentes no local.

A metodologia adotada fundamentou-se inicialmente na garantia da integridade da evidência digital, por meio de procedimentos de extração e análise forense dos arquivos de vídeo. Foram realizados exames de autenticidade com base na análise perceptual e na verificação de metadados, incluindo estruturas RIFF AVI e componentes associados, utilizando ferramentas especializadas. A comparação entre arquivos questionados e amostras coletadas diretamente do equipamento DVR permitiu confirmar a origem comum das gravações, assegurando sua confiabilidade.

Após a validação das evidências, procedeu-se à análise detalhada da dinâmica dos eventos registrados, com identificação dos atores envolvidos e marcação temporal das ações relevantes, como abordagem inicial, reações das vítimas e momentos dos disparos. Em complemento, foi empregada modelagem computacional 3D para simulação da cena, permitindo a reconstrução espacial dos acontecimentos e análise da trajetória dos projéteis.

A abordagem adotada está alinhada a técnicas consolidadas na literatura de perícia em áudio e imagem, bem como em perícia digital, conforme descrito por autores como Fernandes e Tocchetto (2014) e Vecchia (2019). Entretanto, este trabalho avança ao integrar essas metodologias com simulação tridimensional aplicada a um caso real de elevada complexidade.

Os resultados obtidos demonstraram que os disparos responsáveis pelas lesões corporais e pelo óbito foram efetuados por um dos assaltantes, identificado na análise como indivíduo E2. A reconstrução 3D foi fundamental para corroborar a análise dos vídeos, oferecendo suporte visual e técnico à conclusão pericial, além de contribuir para a clareza na apresentação dos achados às autoridades judiciais.

Conclui-se que a integração entre análise forense de vídeo e modelagem 3D constitui uma ferramenta

robusta e eficaz para a reconstituição de cenas de crime, especialmente em situações com múltiplas variáveis e elevado grau de complexidade. A metodologia apresentada contribui para o aumento da confiabilidade dos resultados periciais, além de ampliar as possibilidades de interpretação técnica das evidências digitais no âmbito das ciências forenses.

REFERÊNCIAS

FERNANDES, J. R.; TOCCHETTO, D. Perícias em Áudio e Imagens Forenses. São Paulo: Millennium, 2014.

VECCHIA, E. D. Perícia Digital: Da Investigação à Análise. São Paulo: Millennium, 2019.

C. Braid, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Comparação facial assistida por inteligência artificial, com expressão do resultado em LR

C. Braid[a,*]

[a]*Instituto de Criminalística, Departamento de Polícia Técnica, Bahia (BA), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: cesarbraid@dpt.ba.gov.br. Tel: +55 71 98849-2007.*

Palavras-chave: comparação facial; base de imagens faciais; inteligência artificial; razão de verossimilhança; biometria facial.

Atualmente, a perícia de comparação facial está centrada na análise morfológica humana, método perceptivo baseado em semelhanças e compatibilidades observadas pelo perito nas imagens faciais. A conclusão é feita por escalas verbais opinativas que indicam o grau de convicção do perito quanto às similaridades das faces, portanto tem limitações inerentes de subjetividade, variabilidade interexaminador e dificuldade de quantificação da magnitude da prova. O cenário se agrava com imagens marcadas por heterogeneidade de resolução, compressão, iluminação, pose, expressão e qualidade geral, circunstâncias comuns em evidências faciais reais.

As organizações internacionais especializadas em comparação facial destacam a necessidade de responder com maior padronização, transparência, reprodutibilidade e robustez científica esse desafio, propondo a integração entre o exame pericial e uma avaliação probabilística, preferencialmente fundamentada em razão de verossimilhança.

O objeto deste trabalho é apresentar a experiência pioneira do Departamento de Polícia Técnica da Bahia, que enfrentou as lacunas da prática tradicional, ao integrar reconhecimento facial por redes neurais profundas, modelagem estatística e avaliação baseada em LR em uma solução institucional efetivamente aplicada. Assim, a prova deixa de ser expressa em termos descritivos e passa a ser apresentada de forma quantitativa, rastreável e passível de validação.

A solução corresponde a um sistema automático de comparação facial composto de módulos sucessivos de aquisição, detecção facial, controle de qualidade, extração de *landmarks*, alinhamento geométrico, ajuste fotométrico, geração de *embeddings*, cálculo de similaridade, modelagem estatística, cálculo de LR, calibração e conclusão pericial. A arquitetura combina processamento multietapas com representação vetorial profunda, de modo a converter características faciais em *embeddings* discriminativos, comparados por métricas de similaridade e submetidos a modelagem estatística apropriada. Assim, diferentemente de escalas verbais subjetivas, o resultado passa a ser expresso em valores calculados de LR, na faixa de -4 a +4, permitindo comunicação mais precisa, graduada e tecnicamente justificável. O modelo tradicional de análise morfológica humana também utiliza a faixa -4 a +4, todavia representam índices em escala subjetiva, não valores probabilísticos calculados.

Elemento igualmente central do trabalho é a base de faces também desenvolvida pelo DPT da Bahia. Essa base foi concebida para suportar padronização, condicionamento, *reweighting* e subamostragem. Assim, é possível aplicar condicionamentos, atribuir pesos diferenciados às amostras e executar subamostragem, tornando a modelagem mais aderente ao problema real. O sistema também avalia o desempenho da base e do método por meio de curvas Tippett, calibração, DET e ROC, além de métricas como Cllr e EER, o que mostra não apenas capacidade discriminativa, mas também qualidade inferencial e confiabilidade estatística.

Os resultados evidenciam elevada acurácia, ganho de objetividade, maior padronização, rastreabilidade metodológica e reprodutibilidade analítica. Assim, a

comparação facial do DPT assistida por inteligência artificial, com resultado em LR, contextualizada por uma base de faces condicionável, constitui avanço relevante para a Perícia contemporânea, ao incorporar padrões internacionais de cientificidade, transparência e auditabilidade.

REFERÊNCIAS:

BACCI, N.; SCHNEIDER, M.; EVISON, M. P.; WILLEMS, D. Forensic facial comparison: current status, limitations, and future directions. Forensic Sciences Research, 2021.

EUROPEAN NETWORK OF FORENSIC SCIENCE INSTITUTES (ENFSI). Guideline for evaluative reporting in forensic science. [S.l.]: ENFSI, 2015.

EUROPEAN NETWORK OF FORENSIC SCIENCE INSTITUTES (ENFSI). Best Practice Manual for Facial Image Comparison. [S.l.]: ENFSI, 2018.

MEUWLY, D.; RAMOS, D.; HARAKSIM, R. A guideline for the validation of likelihood ratio methods used for forensic evidence evaluation. Forensic Science International, v. 276, p. 142–153, 2017.

MORRISON, G. S. Tutorial on logistic-regression calibration and fusion: converting a score to a likelihood ratio. Australian Journal of Forensic Sciences, v. 45, n. 2, p. 173–197, 2013.

MORRISON, G. S.; ENZINGER, E.; HUGHES, V.; OCHOA, F. Score-based forensic inference for the twenty-first century. Australian Journal of Forensic Sciences, v. 56, n. 1, p. 1–33, 2024.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST). Face Recognition Vendor Test (FRVT). Gaithersburg: NIST, vários relatórios.

RAMOS, D.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, J. Reliable support: measuring calibration of likelihood ratios. Forensic Science International, v. 230, n. 1-3, p. 156–169, 2013.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise de Audibilidade de Disparo de Arma de Fogo em Diferentes Pavimentos de Edificação: Um Estudo de Caso com Ensaios Controlados e Análise Espectrográfica

F. A. Silva[a*], M. T. Carvalho[a], L. D. M. Santos[a]

[a]Superintendência de Polícia Técnico-Científica, Goiânia (GO), Brasil

[*]Endereço de e-mail para correspondência: fernando.esilva@goias.gov.br. Tel.: +55-64-99266-8503.

Palavras-chave: Acústica Forense; Análise Espectrográfica; Audibilidade; Disparo de Arma de Fogo; Propagação Estrutural.

A investigação de crimes envolvendo disparos de arma de fogo em ambientes confinados frequentemente recai sobre o questionamento da audibilidade do evento em pontos distintos da edificação. A percepção do som de um disparo não depende apenas da distância linear, mas da complexa interação entre a energia acústica aérea e a transmissão estrutural por lajes, paredes e *shafts*. O presente trabalho tem como objetivo apresentar os resultados de um exame pericial de acústica forense realizado em um condomínio vertical na cidade de Caldas Novas-GO, motivado pela necessidade de responder ao quesito técnico: "É possível ouvir um disparo de arma de fogo calibre .380 Auto efetuado no subsolo S1 estando na portaria do condomínio, no pavimento S2?"

A metodologia aplicada baseou-se nas premissas da Física Acústica e Engenharia Forense descritas por Maher (2018), que caracteriza o disparo como um evento transiente de alta energia (110-160 dB), com predominância de baixas frequências. Considerando os modos de propagação indireta (flanking transmission) e a excitação de modos estruturais em baixas frequências (Løvholt et al., 2017), foi elaborado um ensaio controlado com a arma e munição similares às utilizadas no caso. Utilizou-se sonômetro digital de Classe 2 (Instrutherm DEC-6000) para medição de Nível de Pressão Sonora de Pico (LCpeak) e Ruído de Fundo (LAeq), e gravador digital multipista (Zoom H8) para registro em formato não comprimido (WAV) para posterior análise espectrográfica qualitativa no *software* Audacity®. Foram estabelecidos seis pontos de medição, abrangendo o pavimento fonte (Subsolo S1), o pavimento da portaria (S2) e o pavimento Térreo (Academia e apartamento T8), variando a condição da porta do local de disparo (aberta/fechada). A classificação de audibilidade foi baseada na Relação Sinal-Ruído (SNR), adotando-se a escala: Plenamente Audível (>20 dB), Audível (10-20 dB), Limiar (5-10 dB) e Não Audível (<5 dB).

Os resultados quantitativos demonstraram que no cômodo de trabalho do porteiro (Pav. S2), os níveis de pico registrados foram de 75,3 dB(C) com porta aberta e 75,9 dB(C) com porta fechada, com ruído de fundo médio de 50,3 dB(A), resultando em SNR de 25,0 e 25,6 dB, respectivamente. A análise espectrográfica revelou que, embora a estrutura de concreto tenha atuado como um filtro passa-baixas (Pääkkönen, 1995), atenuando as altas frequências e resultando em um som de caráter "abafado" e "surdo", a energia residual concentrada na faixa de 100-1200 Hz preservou a assinatura impulsiva característica do estampido. Adicionalmente, foram detectados níveis significativos no banheiro da portaria (91,7 dB, SNR 51,4 dB), sugerindo a existência de vias de fuga acústica por tubulações hidráulicas, e no pavimento Térreo (até 82,3 dB na academia), confirmando a propagação generalizada da energia acústica pela estrutura do edifício.

Conclui-se que o som do disparo de arma de fogo calibre .380 Auto efetuado no subsolo S1 é plenamente audível no pavimento S2, no cômodo de trabalho do porteiro, atendendo ao quesito formulado com elevado grau de certeza técnico-científica. O trabalho eviden-

cia a importância da realização de ensaios *in loco* com a reprodução fidedigna das condições do evento para a correta interpretação dos fenômenos de transmissão estrutural do som, os quais não podem ser previstos apenas por cálculos de atenuação geométrica baseados em distância euclidiana.

REFERÊNCIAS:

LØVHOLT, F.; NORÉN-COSGRIFF, K.; MADSHUS, C.; ELLINGSEN, S. E. Simulating low frequency sound transmission through walls and windows by a two-way coupled fluid structure interaction model. Journal of Sound and Vibration, v. 396, p. 203-216, 2017.

MAHER, R. C. Principles of Forensic Audio Analysis. Cham: Springer, 2018. (Modern Acoustics and Signal Processing).

PÄÄKKÖNEN, R. Noise Attenuation of Structures against Impulses from Large Calibre Weapons or Explosions. Applied Acoustics, v. 45, n. 3, p. 263-278, 1995.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Violence as a Service (VaaS) e *Crime as a Service* (CaaS): Aspectos Essenciais da Perícia Computacional para Atuação de Combate no Ecossistema Cibercriminoso Transnacional

J. B. Santos Junior[a*], C. R. Brene[b], B. B. Brene[b], R. A. Shinma[c]

[a]*Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas, Brasil*
CyberOne – Laboratório de Computação Forense, Perícia Computacional e Inteligência Cibernética
Perito Forense Computacional e Perito Ad Hoc das Forças de Segurança e Lei.
[b]*Polícia Civil do Estado de Minas Gerais (PCMG), Brasil*
Delegacia Regional de Poços de Caldas, Minas Gerais, Agência de Inteligência Policial (AIP)
Delegado Regional de Polícia Civil, Inspetora de Polícia Civil.
[c]*Polícia Civil do Estado de Minas Gerais (PCMG), Brasil*
Posto de Perícias Integrado de Poços de Caldas
Perito Criminal, Chefe do Posto de Perícias Integrado de Poços de Caldas
[*]*Endereço de e–mail para correspondência: joao@pucpcaldas.br Telefone: +55 (35) 99758-6487*

Palavras-chave: Computação Crime as a Service; Violence as a Service; Perícia Criminal Computacional; Inteligência Cibernética; Cibercrime Transnacional.

1. INTRODUÇÃO

Em 7 de maio de 2025, a cidade de Kokkedal, na Dinamarca, foi cenário de um atentado cuidadosamente orquestrado. O mandante não estava presente; tampouco conhecia pessoalmente o executor. A negociação ocorreu em plataformas criptografadas; o pagamento, em criptoativos; o recrutamento, em redes sociais abertas, com alvo em jovens entre 14 e 26 anos. Sete indivíduos foram posteriormente presos em uma operação coordenada pela OTF GRIMM (*Operational Taskforce* GRIMM) da Europol, envolvendo Dinamarca, Suécia e Marrocos [1].

David Canter, referência da Psicologia Investigativa, formulou uma premissa que permanece central à Criminalística: *"o comportamento do criminoso deixa pistas"* [2]. No ambiente digital, essa premissa não apenas se confirma, mas se amplifica. Cada postagem de recrutamento, cada rota de pagamento em blockchain, cada escolha de plataforma de comunicação constitui evidência comportamental digital, passível de coleta, preservação e análise pericial com plena validade jurídica.

O fenômeno documentado em Kokkedal não é episódio isolado. É a expressão mais extrema de um ecossistema denominado CaaS (*Crime as a Service*), no qual o crime organizado adota a lógica de mercado do mundo corporativo legítimo: oferta, demanda, fornecedores especializados e cadeia de suprimentos (*supply chain*). Neste contexto, VaaS (*Violence as a Service*) é o vértice mais grave desse ecossistema, e suas manifestações já são identificáveis no contexto brasileiro.

Este trabalho tem por objetivos conceituar e hierarquizar CaaS e VaaS, mapeando sua infraestrutura tecnológica, além de documentar manifestações no contexto brasileiro e apresentar o ferramental da Perícia Criminal Computacional aplicável. De forma complementar, este trabalho propõe diretrizes de enfrentamento.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Criminalística Comportamental como Base Epistemológica

A Psicologia Investigativa desenvolvida por Canter estabeleceu que a análise sistemática do

comportamento criminoso, que inclui o planejamento, a execução e os rastros deixados, permite a construção de perfis que orientam a investigação [2,3]. O criminoso interage com o ambiente e o revela: suas escolhas de vítima, sua área de conforto geográfico e seu *modus operandi* são assinaturas comportamentais identificáveis.

No ambiente digital, esse princípio se traduz com precisão. O espaço virtual é, simultaneamente, local de planejamento, meio de execução e cena do crime no contexto VaaS e CaaS. Os anúncios de contrato para violência publicados em redes sociais, os padrões de linguagem codificada, a preferência por determinadas criptomoedas e a recorrência de plataformas específicas compõem uma assinatura comportamental digital mensurável e juridicamente relevante.

2.2 O Ecossistema CaaS e sua Hierarquia

O ecossistema CaaS emerge da aplicação da lógica SaaS (*Software as a Service*) ao crime organizado. Assim como empresas de tecnologia oferecem infraestrutura e aplicações como serviços escaláveis, redes criminosas passaram a comercializar capacidades ofensivas de forma modular, acessível e sob demanda. Os relatórios IOCTA (*Internet Organised Crime Threat Assessment*) da Europol documentam a consolidação dessa tendência desde 2014 [4,5]. A **Figura 1** apresenta a hierarquia do ecossistema CaaS e suas principais modalidades.



Figura 1. Hierarquia do ecossistema CaaS e suas modalidades, com destaque ao VaaS como foco do presente artigo

2.3 VaaS: Definição Operacional e Estrutura de Mercado

O vértice VaaS cobre a terceirização de atos de violência física no mundo real, que incluem assassinatos, lesões corporais, intimidação e ataques, mediada por infraestrutura digital, com recrutamento em redes sociais abertas, negociação em plataformas criptografadas, pagamento em criptoativos e entrega de logística por facilitadores especializados [1,6]. Distingue-se do crime de encomenda tradicional por três atributos: (a) **escalabilidade**, em que a oferta pode alcançar múltiplos compradores em diferentes países; (b) **impessoalidade**, onde o mandante e executor frequentemente não se conhecem e/ou mantém relação de proximidade; (c) **infraestrutura tecnológica**, onde as camadas de anonimização distribuem e diluem o risco penal.

2.4 Infraestrutura Tecnológica

A infraestrutura VaaS opera em quatro camadas funcionais: (1) recrutamento, via redes sociais abertas; (2) negociação, por aplicativos criptografados; (3) infraestrutura anônima, na *Deep Web* e na *Dark Web* operadas via protocolo Tor; e (4) pagamento, em criptoativos com foco em privacidade, como Monero/XMR e Bitcoin, com roteamento via *tumblers*. A **Figura 2** detalha essa arquitetura. A comunicação operacional utiliza mensagens autodestrutivas, áudios codificados, VoIP (*Voice over Internet Protocol*) descartável e perfis criados com SIM *cards*, explorando aspectos de anonimato.



Figura 2. Arquitetura tecnológica do Ecossistema VaaS e suas quatro camadas funcionais do recrutamento ao pagamento anônimo, com os principais vetores de anonimização empregados pelo crime organizado

3. MANIFESTAÇÕES NO CONTEXTO BRASILEIRO

3.1 Ataques a Escolas e Radicalização em Redes

Os ataques de Aracruz – ES (novembro de 2022) e Blumenau – SC (abril de 2023) revelaram dimensões de VaaS ideológico: investigações identificaram que os autores frequentavam grupos em Discord, Telegram e fóruns da *Dark Web* onde conteúdo de incitação à violência era produzido, distribuído e, em alguns casos, encomendado [7,8]. A Perícia Criminal Computacional foi determinante na reconstrução das trajetórias digitais e no mapeamento das redes de influência e radicalização.

3.2 Tráfico de Drogas e Armas

Marketplaces brasileiros operados na *Dark Web* comercializam entorpecentes e armas de fogo com logística rastreada por criptoativos e avaliada por sistemas de reputação análogos aos de plataformas legítimas de comércio eletrônico. Operações da Polícia Federal e de Forças de Segurança Estaduais documentam o crescimento consistente desse modelo, com aplicação direta do CaaS ao tráfico tradicional, com camadas digitais que dificultam a investigação convencional [8].

3.3 Exploração Sexual de Menores

Canais fechados no Telegram e fóruns da *Dark Web* são empregados para a distribuição de MIES (Material de Abuso Sexual Infantojuvenil) e para o recrutamento de vítimas, configurando uma modalidade de VaaS na qual a violência sexual é terceirizada e intermediada digitalmente. Cooperações entre forças de segurança brasileiras e o NCMEC (*National Center for Missing and Exploited Children*) ilustram a dimensão transnacional do fenômeno [9].

3.4 Tráfico de Pessoas e Órgãos

Redes de tráfico de pessoas e órgãos utilizam plataformas digitais para recrutamento, negociação e coordenação logística. Forças-tarefa, em sistemas internacionais de cooperação, como ocorre no âmbito da Europol, especialmente no contexto do combate ao tráfico transnacional, têm evidenciado conexões entre o crime organizado nacional e circuitos internacionais que empregam infraestrutura digital típica do ecossistema CaaS: pagamentos em criptoativos, comunicação criptografada e oferta de "serviços" em fóruns especializados da *Dark Web*. A **Figura 3** sintetiza o *modus operandi* VaaS e os principais casos documentados no contexto brasileiro.



Figura 3. *Modus operandi* do VaaS no contexto brasileiro: cinco etapas do processo criminoso, com indicação dos principais rastros digitais e casos documentados

4. TÉCNICAS INVESTIGATIVAS EM PERÍCIA CRIMINAL COMPUTACIONAL

4.1 A Cena do Crime Digital

A premissa *Cantoriana* impõe ao perito a tarefa de identificar, preservar e interpretar os rastros digitais com rigor científico. No contexto VaaS e CaaS, a cena do crime é distribuída e multiplataforma: existe no dispositivo do recrutado, nos servidores da plataforma de comunicação, na blockchain do criptoativo e nos metadados de tráfego de rede. A cadeia de custódia digital, estabelecida nos Artigos 158-A a 158-F do CPP (Código de Processo Penal), confere ao material coletado valor probatório perante o Poder Judiciário [10].

4.2 OSINT – Open Source Intelligence

O monitoramento estruturado de fontes abertas permite identificar padrões de recrutamento, mapear atores e detectar precocemente ameaças. Ferramentas como *SpiderFoot*, *Maltego* e *Recon-ng* permitem a construção de grafos de relacionamento, linhas do tempo de atividade e a identificação de pseudônimos recorrentes entre plataformas, constituindo evidência indireta de identidade e participação em redes VaaS.

4.3 CTI – Cyber Threat Intelligence

A análise de IOC (Indicadores de Comprometimento) associados a infraestruturas VaaS, tais como domínios *.onion*, carteiras de criptoativos, resumos criptográficos de hash de artefatos de malware, e sua integração com plataformas de compartilhamento como o MISP (*Malware Information Sharing Platform*), permite correlacionar casos aparentemente isolados em diferentes jurisdições.

4.4 DFIR – Digital Forensics and Incident Response

A materialização audiovisual de evidências em plataformas digitais, a análise forense de dispositivos móveis e a extração de dados de aplicativos criptografados constituem o núcleo da resposta pericial a casos VaaS. A reconstrução do histórico de comunicações por análise de artefatos residuais em memória e em bancos de dados locais representa uma fronteira técnica de crescente relevância, mesmo diante de mensagens autodestrutivas.

4.5 Metodologia W5H como Estrutura Investigativa

A organização da investigação pericial em casos VaaS pode ser estruturada segundo o referencial W5H – *Who* (Quem), *What* (O quê), *When* (Quando), Where (Onde), *Why* (Por quê) e *How* (Como) –, alinhado ao arcabouço jurídico e criminal brasileiro, em que uma investigação deve estar amparada nos princípios universais da **materialidade**, **autoria** e **dinâmica** [11]. Essa estrutura permite a um(a) Perito(a) organizar sistematicamente os elementos coletados em diferentes plataformas e jurisdições, garantindo coerência lógica e sustentabilidade jurídica ao laudo técnico pericial. A **Figura 4** ilustra a aplicação do referencial W5H ao contexto VaaS.

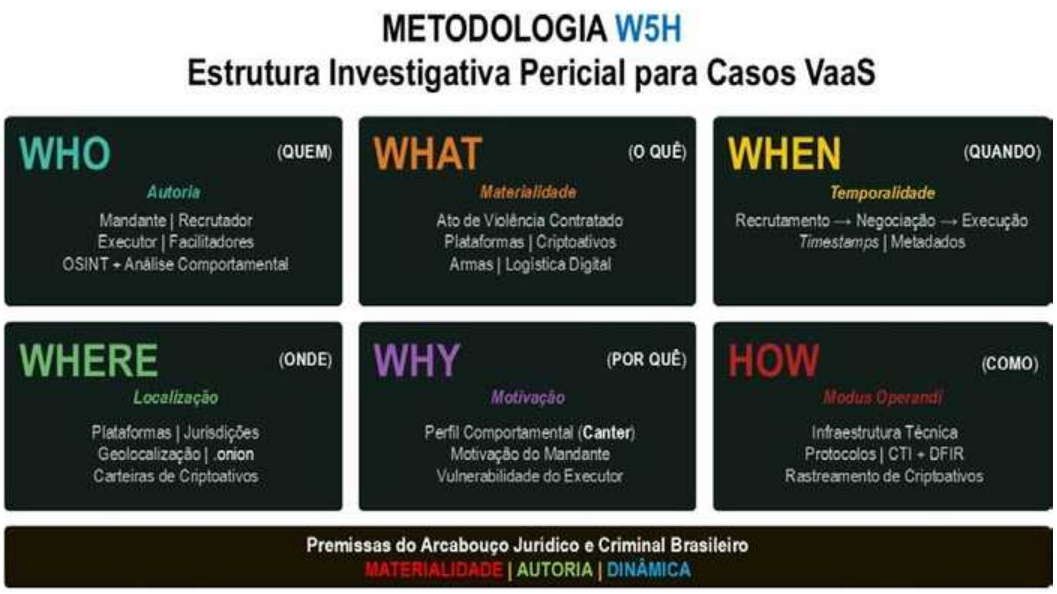


Figura 4. Metodologia W5H aplicada à investigação pericial de casos VaaS e as seis dimensões investigativas alinhadas aos princípios da materialidade, autoria e dinâmica

4.6 Cooperação Internacional

O SIENA (*Secure Information Exchange Network Application*), o EIS (*Europol Information System*) e o EPE (*Europol Platform for Experts*) constituem os canais primários de troca de inteligência no âmbito europeu. O J-CAT (*Joint Cybercrime Action Taskforce*) e a OTF GRIMM são modelos operacionais de resposta coordenada que podem inspirar iniciativas análogas no contexto latino-americano.

5. PROPOSTAS DE ENFRENTAMENTO

A resposta efetiva ao VaaS e CaaS exige ação coordenada em quatro frentes, a saber: (a) **técnico-pericial**, para capacitação contínua em DFIR orientada a VaaS, elaboração de POP (Procedimentos Operacionais Padrão) específicos para investigação em plataformas criptografadas e desenvolvimento de *playbooks* operacionais com fluxos de resposta rápida; (b) **institucional e transnacional**, para criação de força-tarefa latino-americana inspirada na OTF GRIMM, fortalecimento dos canais SIENA e EIS para integração Brasil-Europol e promoção de JIT (*Joint Investigation Teams*) com países da América do Sul e da Europa; (c) **regulatório e de plataformas**, para pressão regulatória para implementação de detecção proativa de conteúdo VaaS pelas *big techs*, definição de SLA (*Service Level Agreements*) para resposta a *flags* de conteúdo violento e cooperação público-privada formalizada nos moldes do projeto SIRIUS, com acesso legal transfronteiriço a dados digitais; (d) **preventivo e social**, com adaptação do guia de sensibilização da Europol para a realidade brasileira, campanhas direcionadas a adolescentes e indicadores precoces de recrutamento como ferramenta de alerta para educadores e assistentes sociais.

6. A CONVENÇÃO DE BUDAPESTE E O MARCO JURÍDICO INTERNACIONAL

6.1 Origem, Escopo e Relevância

A Convenção sobre o Cibercrime do Conselho da Europa, adotada em Budapeste em 23 de novembro de 2001 e em vigor desde 1º de julho de 2004, constitui o primeiro tratado internacional juridicamente vinculante dedicado especificamente à criminalidade no ambiente digital [12]. Aberta à adesão de Estados não membros do Conselho da Europa, a Convenção de Budapeste consolidou-se como o principal instrumento de harmonização normativa e cooperação transnacional em matéria de cibercrime, contando atualmente com mais de 70 Estados-Parte e ratificantes em todos os continentes. Seu escopo abrange quatro eixos normativos: (a) **direito penal material**, com a tipificação de condutas como acesso ilícito, interceptação ilegal, interferência em dados e sistemas, falsidade e fraude informáticas, e crimes relacionados a conteúdo de abuso sexual infantojuvenil; (b) **direito processual penal**, com instrumentos investigativos adaptados ao ambiente digital, como preservação expedita de dados armazenados, busca e apreensão de sistemas computacionais, e coleta em tempo real de dados de tráfego; (c) **jurisdição**, com critérios de fixação da competência em infrações transfronteiriças; e (d) **cooperação**

internacional, com mecanismos de assistência jurídica mútua e extradição específicos para o cibercrime.

6.2 O Segundo Protocolo Adicional e a Evidência Digital Transnacional

Em 12 de maio de 2022, em Estrasburgo, foi aberto para assinaturas o Segundo Protocolo Adicional à Convenção de Budapeste, dedicado ao reforço da cooperação e à divulgação de evidências eletrônicas em contextos transnacionais [13]. O Protocolo introduz mecanismos inéditos de relevância direta para a investigação de VaaS e CaaS, entre os quais: a obtenção direta de informações de registro de domínios de internet; a cooperação acelerada entre autoridades competentes e provedores de serviços estrangeiros; o acesso transfronteiriço a dados armazenados em nuvem mediante consentimento do titular; e o estabelecimento de equipes conjuntas de investigação (*Joint Investigation Teams*) com arcabouço jurídico específico. Esses mecanismos respondem diretamente à fragmentação jurisdicional identificada como principal obstáculo à persecução penal de redes VaaS, nas quais mandante, recrutador e executor podem estar localizados em países distintos.

6.3 O Brasil no Contexto da Convenção

O Brasil concluiu o processo de adesão à Convenção de Budapeste em 2023, com a promulgação do respectivo decreto presidencial após aprovação pelo Congresso Nacional [14]. A adesão brasileira representa um marco para a Perícia Criminal Computacional nacional, na medida em que: (a) habilita as autoridades brasileiras a utilizarem os canais formais de cooperação previstos na Convenção, incluindo a Rede 24/7 do Conselho da Europa para resposta urgente a cibercrimes; (b) impõe a adoção dos padrões processuais previstos no tratado para coleta e preservação de evidências digitais, reforçando as disposições já vigentes nos Artigos 158-A a 158-F do CPP [10]; e (c) abre caminho para eventual adesão ao Segundo Protocolo Adicional, cujos mecanismos de acesso transfronteiriço a evidências em nuvem são especialmente relevantes para os casos VaaS documentados neste trabalho. A articulação da Convenção de Budapeste com os instrumentos da Europol, tais como SIENA, EIS e OTF GRIMM, configura o arcabouço jurídico-operacional necessário para o enfrentamento efetivo do ecossistema CaaS em sua dimensão transnacional.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A definição de Canter, que sugere que *"o comportamento do criminoso deixa pistas"*, encontra no VaaS seu campo de aplicação mais desafiador e mais urgente. A violência física orquestrada digitalmente não é fenômeno futuro: é realidade documentada na Europa e com evidências crescentes no Brasil. A Perícia Criminal Computacional, articulada com OSINT (*Open Source* Intelligence), CTI (*Cyber Threat Intelligence*) e DFIR (*Digital Forensics and Incident Response*), constitui o instrumento central de resposta, capaz de traduzir rastros digitais comportamentais em prova juridicamente válida.

A construção de uma resposta institucional robusta ao VaaS no Brasil requer cooperação transnacional, atualização normativa, capacitação pericial especializada e engajamento das plataformas digitais. O modelo OTF GRIMM demonstra que essa cooperação é possível e eficaz. Pesquisas futuras devem avançar na modelagem de redes VaaS por análise de grafos, no uso de aprendizado de máquina para detecção de padrões de recrutamento e no desenvolvimento de ontologias criminais para mapeamento semântico de ameaças em linguagem natural.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Associação Brasileira de Criminalística (ABC) e à Europol pela divulgação de dados e relatórios de inteligência que sustentam este trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Europol. Teenagers recruited as hitmen: Denmark and Sweden strike back at violence-as-a-service. Europol Newsroom, 19 jun. 2025. Disponível em: https://www.europol.europa.eu

[2] D. Canter; D. Youngs. Investigative Psychology: Offender Profiling and the Analysis of Criminal Action. Wiley, Reino Unido (2009).

[3] D. Canter. Criminal Shadows: Inside the Mind of the Serial Killer. HarperCollins, Reino Unido (1994).

[4] Europol. Internet Organised Crime Threat Assessment – IOCTA 2023. European Cybercrime Centre – EC3, Haia (2023).

[5] Europol. Internet Organised Crime Threat Assessment – IOCTA 2024. European Cybercrime Centre – EC3, Haia (2024).

[6] Europol. Operational Taskforce GRIMM. Europol Operations, abr. 2025. Disponível em: https://www.europol.europa.eu

[7] M.A. Ballesteros et al. Radicalization and school violence: digital forensic perspectives. Digital Investigation 45: 301–318 (2023).

[8] Polícia Federal do Brasil. Relatório de Operações contra o Tráfico de Drogas e Armas na Dark Web. Boletim de Inteligência Policial, Brasília (2023).

[9] NCMEC – National Center for Missing and Exploited Children. CyberTipline 2024 Annual Report. Alexandria, VA (2024).

[10] Brasil. Código de Processo Penal, Arts. 158-A a 158-F. Lei n.º 13.964/2019. Brasília, DF (2019).

[11] J.B. Santos Junior. W5H: Uma Metodologia de Investigação Forense Computacional Baseada em Materialidade, Dinâmica e Autoria. CyberOne – Laboratório de Computação Forense, Perícia Computacional e Inteligência Cibernética, PUC Minas (2024).

[12] Conselho da Europa. Convenção sobre o Cibercrime (ETS n.º 185). Budapeste, 23 nov. 2001. Disponível em: https://www.coe.int/en/web/cybercrime/the-budapest-convention

[13] Conselho da Europa. Segundo Protocolo Adicional à Convenção sobre o Cibercrime relativo ao reforço da cooperação e à divulgação de provas electrónicas (STCE n.º 224). Estrasburgo, 12 mai. 2022. Disponível em: https://www.coe.int/en/web/cybercrime/t-cy-2.0

[14] Brasil. Decreto de Promulgação da Convenção sobre o Cibercrime. Brasília, DF (2023).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Exame Forense em Câmeras Espiãs de Baixo Custo: Da Extração de Memória Flash à Vinculação ao Suspeito

M. B. Nunes[a,*]

[a]*Diretoria de Criminalística, Divisão de Informática Forense, Santa Catarina (SC), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: mateus.nunes@policiacientifica.sc.gov.br. Tel.: +55-48-3403-7189.*

Palavras-chave: câmera espiã; IoT; chip-off; memória flash.

A crescente disseminação de câmeras espiãs de baixo custo dissimuladas em objetos comuns, como tomadas elétricas e carregadores de celulares, representa um desafio emergente nos exames de eletrônicos de crimes contra a privacidade. Esses dispositivos compactos combinam sistema Linux embarcado, WiFi e gravação em cartão de memória, o que aumenta a complexidade da análise pericial. A ausência de metodologias consolidadas para o exame desse tipo de dispositivo motivou esta pesquisa, que propõe uma abordagem sistemática para a extração e análise de evidências digitais a partir da memória flash principal.

A premissa central deste trabalho é que a memória flash NOR, responsável pelo armazenamento do *firmware* e das configurações do dispositivo, constitui uma fonte relevante de evidências para a determinação de autoria e dinâmica delitiva, independentemente da disponibilidade do cartão de memória. Por sua natureza não volátil, os artefatos nela armazenados são preservados mesmo em dispositivos danificados ou cujo cartão tenha sido removido ou formatado antes da apreensão. Sua importância para a informática forense reside na possibilidade de recuperar e vincular identificadores únicos do dispositivo, além de parâmetros de configuração, que não estão acessíveis por outros meios de extração convencionais.

Estudos anteriores sobre a recuperação forense de memórias flash pelo método chip-off foram realizados por Breeuwsma et al. (2007) e Avanoz e Akbal (2025), estabelecendo as bases técnicas para extração física direta de chips de memória. A análise de sistemas de arquivos em dispositivos IoT embarcados foi abordada por Lee e Shon (2022), enquanto Bakhshi et al. (2024) discutiram vulnerabilidades e técnicas de auditoria de *firmware* em dispositivos IoT. Herodotou e Hao (2023) realizaram uma análise de segurança de um módulo de câmera oculta, identificando vulnerabilidades em seu ambiente Linux e na comunicação com o servidor. O presente trabalho avança sobre essas contribuições ao propor uma metodologia forense específica para câmeras espiãs de baixo custo, com foco na extração e interpretação forense dos artefatos de configuração armazenados.

Foram examinadas duas unidades distintas de câmeras espiãs dissimuladas em tomadas elétricas, recebidas de casos criminais. A extração dos dados da memória flash NOR foi realizada pelo método chip-off, com remoção física do circuito integrado, soldagem em adaptador SOP8-DIP8 e leitura via programador CH341A com protocolo SPI. A imagem binária obtida foi analisada com as ferramentas *open source binwalk* e *jefferson*, permitindo extrair as partições de dados SquashFS e JFFS2. Das partições JFFS2, foram recuperados artefatos de configuração relevantes, entre os quais: credenciais WiFi em texto-claro, identificadores únicos do dispositivo na plataforma de monitoramento em nuvem e o SSID do hotspot WiFi. A natureza append-only do JFFS2 possibilitou a reconstrução do histórico de configuração, permitindo a criação de uma linha do tempo do dispositivo. O exame comparativo entre as duas unidades, com plataformas de *firmware* distintas (Anyka e HiSilicon), demonstrou que os artefatos forenses de interesse estão presentes em ambas, embora em localizações distintas, o que demanda consideração e análise da estrutura de cada *firmware* por parte do examinador. A vinculação ao suspeito foi estabelecida pelo confronto do identificador

único extraído do *firmware* com artefatos do dispositivo iOS associado ao caso: o identificador foi localizado no arquivo do sistema operacional que registra redes WiFi conhecidas, inclusive indicando sua remoção, em determinado momento, por ação do usuário, evidenciando tentativa de ocultação de rastro. A consistência entre os parâmetros de configuração extraídos do *firmware* e as características técnicas dos arquivos de vídeo recuperados reforça a origem das mídias no dispositivo examinado, bem como a consistência de seus metadados temporais. Os resultados demonstram que o exame da memória flash de câmeras espiãs de baixo custo é metodologicamente viável e forensicamente relevante, permitindo estabelecer autoria e dinâmica delitiva mesmo na ausência do cartão de memória.

REFERÊNCIAS:

Avanoz, T.; Akbal, E. 2025. Data Recovery Application from NAND Flash Memories Using the Chip-Off Technique in Digital Forensics. International Journal of Innovative Engineering Applications 9(2): 232-242.

Bakhshi, T.; Ghita, B.; Kuzminykh, I. 2024. A Review of IoT Firmware Vulnerabilities and Auditing Techniques. Sensors 24(2): 708.

Breeuwsma, M.; de Jongh, M.; Klaver, C.; van der Knijff, R.; Roeloffs, M. 2007. Forensic Data Recovery from Flash Memory. Small Scale Digital Device Forensics Journal 1(1).

Herodotou, S.; Hao, F. 2023. Spying on the Spy: Security Analysis of Hidden Cameras. Lecture Notes in Computer Science 13983: 345-362.

Lee, J.; Shon, T. 2022. Forensic Analysis of IoT File Systems for Linux-Compatible Platforms. Electronics 11(19): 3219.

Woodhouse, D. 2001. JFFS2: The Journalling Flash File System, version 2. Ottawa Linux Symposium. Disponível em: https://sourceware.org/jffs2/jffs2.pdf

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

A Contribuição da Computação Forense na Investigação de Eventos Críticos em Ambiente Hospitalar: Correlação Temporal e Análise Multissistêmica de uma Ocorrência no Distrito Federal

G. V. Braga[a], L. de S. Oliveira[a], E. J. J. Mallmann[a*]

[a]*Instituto de Criminalística da Polícia Civil do Distrito Federal, Brasília (DF), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: gabriel.braga@pcdf.df.gov.br. Tel.: +55-61-3207-4234.*

Palavras-chave: Computação Forense; Evidência Digital; Correlação Temporal; Ambientes Críticos; Análise Multissistêmica.

O que fazer quando a regra é eliminar vestígios? Em ambientes hospitalares — especialmente em UTIs — o padrão é a remoção contínua de evidências físicas: mesas são higienizadas, seringas descartadas, luvas lançadas ao lixo e equipes constantemente rotacionadas. De um dia para o outro, o ambiente torna-se limpo e esterilizado — aparentemente livre de qualquer vestígio. Entretanto, de forma cada vez mais contundente, emergem os vestígios digitais. Registros eletrônicos, logs de sistemas, prontuários, monitoramentos e dados de equipamentos médicos permitem reconstruir, dias depois, praticamente tudo o que ocorreu em uma UTI, com um nível de precisão capaz de orientar investigações forenses. Essa abordagem não apenas evidencia a relevância dos vestígios digitais no contexto hospitalar, mas também reforça a necessidade de maior regulamentação e padronização na coleta, preservação e gestão desses dados. Mais do que registros operacionais, tais informações tornam-se elementos fundamentais para auditorias, análises clínicas e investigações forenses, incentivando uma documentação minuciosa de tudo o que acontece em uma unidade de terapia intensiva.

O presente trabalho refere-se à atuação pericial na investigação conduzida pela Polícia Civil do Distrito Federal acerca de três mortes ocorridas na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do Hospital Anchieta, em Taguatinga/DF. A apuração inicial apontou o possível envolvimento de três técnicos de enfermagem suspeitos de provocar intencionalmente os óbitos por meio da administração indevida de substâncias e medicamentos em pacientes internados. Segundo as investigações, um dos suspeitos teria utilizado credenciais médicas para acessar sistemas corporativos e registrar prescrições irregulares. Modelos de linguagem de grande porte (LLMs) podem ser utilizados para aumentar a segurança do paciente e auxiliar auditorias e a detecção precoce de possíveis condutas ilícitas ao identificar prescrições incompatíveis com padrões clínicos previamente observados, detectar anomalias relacionadas a horários, dosagens, substâncias utilizadas e comportamento de usuários nos sistemas hospitalares.

A abordagem proposta neste trabalho fundamenta-se na premissa de que a aquisição assistida de dados, realizada com o apoio de equipes técnicas locais e sob supervisão direta dos peritos criminais, pode ser conduzida de maneira segura, preservando a integridade e a rastreabilidade dos vestígios digitais, em ambientes críticos nos quais a indisponibilidade dos serviços não é admissível. A aplicação da metodologia proposta possibilitou a coleta de dados provenientes de múltiplos sistemas, sem prejuízo à continuidade dos serviços. Essa estratégia permitiu a preservação de vestígios, incluindo registros de videomonitoramento suscetíveis a rotacionamento automático. A análise integrada das informações, por meio do correlacionamento de logs e imagens, asso-

ciada à normalização temporal dos registros, viabilizou a construção de uma linha do tempo precisa dos eventos investigados. Como resultado, observou-se incremento na confiabilidade das inferências periciais, bem como redução do tempo necessário para consolidação das evidências. A validação dos resultados foi realizada por meio de verificação cruzada entre diferentes fontes de dados e análise de consistência temporal dos eventos reconstruídos, garantindo reprodutibilidade e robustez às conclusões.

Os resultados demonstram que a abordagem proposta é eficaz para a condução de exames periciais em ambientes corporativos críticos, permitindo a coleta e análise de vestígios digitais de forma não intrusiva, célere e tecnicamente confiável. A metodologia contribui para o aprimoramento das práticas em computação forense, ao oferecer alternativa viável às técnicas tradicionais em cenários com restrições operacionais significativas. A abordagem apresenta potencial de aplicação em outros contextos, ampliando sua aplicabilidade no âmbito das ciências forenses e reforçando a importância de estratégias adaptativas frente à evolução tecnológica dos ambientes investigados.

REFERÊNCIAS:

Behl, A.; Behl, K. Cybersecurity and Cyberwar: What Everyone Needs to Know. Oxford University Press, 2017.

Casey, E. Digital Evidence and Computer Crime. 3. ed. Academic Press, 2011.

Kent, K.; Chevalier, S.; Grance, T.; Dang, H. Guide to Integrating Forensic Techniques into Incident Response. NIST SP 800-86, 2006.

Bejtlich, Richard. The practice of network security monitoring: understanding incident detection and response. No Starch Press, 2013.

Ong, J. C. L., Jin, L., Elangovan, K., San Lim, G. Y., Lim, D. Y. Z., Sng, G. G. R., ... & Ting, D. S. W. (2025). Large language model as clinical decision support system augments medication safety in 16 clinical specialties. Cell Reports Medicine, 6(10)

T. A. Braga, S. B. S. Moraes, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise de Viabilidade Técnica Pericial de Vestígios Sonoros Digitais Aplicada aos Exames Forenses de Verificação ou de Atribuição da Autoria da Emissão de Voz e de Fala

T. A. Braga[a,*], S. B. S. Moraes[b*]

[a]*Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS, Porto Alegre (RS), Brasil*
[b]*Fonoaudiologia Forense RS, FFRS, Porto Alegre (RS), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: contato@rtpericias.com Tel.: +55- 51- 999.494141*

Palavras-chave: Acústica; Autoria de Voz e de Fala; Vestígio Sonoro; Linguística Forense; Viabilidade Técnica Pericial; Evidência Digital.

1. INTRODUÇÃO

A adequada realização de exames periciais destinados à verificação ou à atribuição da autoria da emissão de voz e de fala pressupõe a existência de vestígios sonoros digitais que apresentem condições mínimas de admissibilidade e adequabilidade para subsidiar procedimentos especializados de análise, de modo que, uma vez submetidos aos exames técnico-científicos pertinentes, possam fornecer elementos probatórios idôneos e aptos a fundamentar sua valoração como evidência no âmbito processual [1-3].

A avaliação prévia da viabilidade técnico-pericial de vestígios sonoros digitais ainda carece de critérios objetivos e sistematizados. Na ausência de protocolos específicos, a definição acerca da aptidão do material tende a ser transferida ao debate processual e à apreciação judicial, sem critérios técnico-científicos uniformes. Na prática pericial, é frequente o encaminhamento de arquivos contendo edições, baixa qualidade acústica, compressão excessiva, ruído elevado, reduzida extensão de fala ou escassez de conteúdo linguístico comparável [3-6]. Essas limitações podem inviabilizar a extração consistente de parâmetros fonético-acústicos e linguísticos, comprometendo a observação de características relevantes para a análise e reduzindo a confiabilidade das conclusões periciais. Em determinados casos, o próprio vestígio deixa de atender aos requisitos mínimos para sustentar inferências técnicas acerca da autoria vocal e linguística [4-6].

Além das limitações inerentes aos vestígios sonoros, a constatação da inadmissibilidade ou da inadequabilidade do material nem sempre encerra a demanda pericial, podendo ensejar questionamentos das partes e do Juízo que demandam fundamentação técnica adicional e prolongam a tramitação processual.

Diante dessa realidade, foi desenvolvido e testado por duas peritas fonoaudiólogas atuantes no Estado do Rio Grande do Sul um Protocolo de Viabilidade Técnica Pericial destinado à avaliação de vestígios sonoros digitais, fundamentado em referenciais metodológicos da área, em recomendações nacionais e internacionais e nos princípios de auditabilidade, repetibilidade, reprodutibilidade e justificabilidade [5-6]. O presente estudo examina a aplicação desse protocolo em 50 nomeações provenientes do Tribunal de Justiça do Estado do Rio Grande do Sul, com o objetivo de avaliar sua aceitação e sua contribuição para a identificação antecipada de vestígios inadequados, a racionalização do tempo de trabalho e dos custos financeiros associados à produção da prova pericial, bem como o aprimoramento da eficiência técnico-operacional e processual.

A metodologia proposta estrutura a atuação pericial em duas fases sucessivas e tecnicamente autônomas. A primeira fase corresponde à Análise de Viabilidade Técnica Pericial, destinada à avaliação da admissibilidade e da adequabilidade dos vestígios sonoros para a realização dos exames pretendidos. Constatada sua aptidão, poderá ser realizada a segunda fase, corres-

pondente aos exames destinados à verificação ou à atribuição da autoria da emissão de voz e de fala. Para manter a precisão terminológica e a coerência com o restante do trabalho, prefiro vestígios sonoros digitais.

Após sucessivas aplicações e refinamentos metodológicos, o procedimento passou a integrar rotinas periciais voltadas à triagem técnico-científica de vestígios sonoros digitais.

Nesse cenário, a implementação de uma fase formal de admissibilidade e adequabilidade produz benefício recíproco: de um lado, o perito, ao formalizar e documentar sob o ponto de vista técnico a atividade de avaliação da aptidão do vestígio, reconhecendo-a como etapa autônoma do procedimento pericial e evitando o dispêndio de tempo na realização de exames completos sobre vestígios inadequados para a análise, sem prejuízo da correspondente contraprestação pelo trabalho técnico já realizado; de outro, as partes, que não assumem custos decorrentes de laudos inconclusivos motivados pela inadequação do material examinado. Tais vestígios, por não oferecerem suporte técnico à identificação ou à exclusão de locutores, apresentam limitações relevantes quanto à robustez das inferências probatórias deles derivadas. Esse procedimento contribui para assegurar maior eficiência aos trabalhos periciais, em consonância com a qualidade técnico-científica e com a lisura dos serviços prestados, favorecendo a celeridade da tramitação processual [7].

Nesse sentido, a incorporação da análise de viabilidade técnica pericial de vestígios sonoros digitais apresenta potencial de aplicação em diferentes instituições periciais e pode servir como referência para futuras iniciativas de padronização metodológica forense brasileira.

O objetivo deste trabalho é apresentar a estrutura e a aplicação do protocolo como etapa preliminar, essencial e autônoma em relação aos exames destinados à verificação ou à atribuição da autoria da emissão de voz e de fala, estabelecendo critérios para a classificação do vestígio como apto, apto com restrições ou inapto para o exame pretendido.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Exames periciais de voz e de fala

O desenvolvimento tecnológico, aliado à ampla disponibilidade de recursos digitais de gravação integrados a telefones celulares, aplicativos de mensagens e outros dispositivos, ampliou expressivamente a produção, o armazenamento e o compartilhamento de arquivos de áudio e de vídeo. Quando relacionados aos fatos controvertidos, esses arquivos podem ingressar nos autos processuais como vestígios digitais, cujo aproveitamento probatório depende de sua submissão a procedimentos técnico-científicos capazes de avaliar sua admissibilidade, sua adequabilidade e seu potencial de utilização analítica para a realização de exames periciais subsequentes, a partir dos quais poderão ser produzidas evidências periciais passíveis de valoração pelo juízo.

Esse cenário aumentou a demanda por exames especializados de registros sonoros e audiovisuais e evidenciou a contribuição de diferentes campos do conhecimento para o exame de questões relacionadas à Comunicação Humana. A atuação nesse domínio exige abordagem analítica, criteriosa e especialização técnica. Na condição de auxiliar da Justiça, o perito aplica conhecimentos especializados à análise e à interpretação dos vestígios examinados, contribuindo para a instrução de processos judiciais e procedimentos extrajudiciais.

Em determinadas demandas, a voz e a fala podem constituir elementos centrais para a investigação da autoria de uma emissão e para o estabelecimento de sua possível relação com o objeto da demanda. A análise desses elementos fundamenta-se nas características anatômicas, articulatórias, acústicas e linguísticas manifestadas na produção da fala.

Sob a perspectiva fonético-acústica, as características observadas no sinal de voz e de fala constituem manifestação direta da interação entre as particularidades anatômicas do trato vocal e os mecanismos articulatórios empregados na produção dos sons da fala. A configuração desse trato decorre da atuação coordenada dos articuladores ativos em relação aos articuladores passivos. As diferenças anatômicas dessas estruturas e a multiplicidade de ajustes articulatórios distintos adotados pelo falante produzem padrões de ressonância particulares, que repercutem nas propriedades espectrais do sinal e podem ser visualizados, mensurados e comparados por meio da análise acústica. Embora possam ser compreendidos metaforicamente como uma “assinatura acústica”, esses padrões não são fixos nem invariáveis como as impressões digitais, pois estão sujeitos à variabilidade intrafalante e a modificações anatômicas e fisiológicas decorrentes do envelhecimento, além de outros fatores que incidem sobre a produção da voz e da fala. Ainda assim, fornecem informações relevantes para a caracterização e a comparação técnico-científica das emissões de voz e de fala.

Dessa forma, quando a compreensão de uma controvérsia judicial depende de saberes que ultrapassam

o conhecimento comum, a prova pericial fornece ao magistrado e às partes os subsídios especializados necessários à apreciação dos fatos. Nesse contexto, esse tipo de exame constitui procedimento laborioso e minucioso, cuja realização exige profissional habilitado, comprometido com a neutralidade, a ética e o rigor científico, com formação multidisciplinar e em constante aprimoramento técnico-científico. Requer, ainda, conhecimentos específicos em Fonoaudiologia Forense, Linguística Forense, Fonética Forense, Sociolinguística, entre outros campos relacionados à análise da voz, da fala e da linguagem. Sua condução pressupõe domínio metodológico, formação acadêmica compatível e atualização científica contínua, conjunto de exigências que restringe o número de profissionais capacitados para sua execução no cenário nacional.

A complexidade desses exames e a necessidade de aplicação integrada de múltiplos parâmetros demandam, em média, 30 horas de trabalho especializado por perícia, o que limita objetivamente a quantidade de exames passíveis de realização em um mesmo mês. Durante esse período, também são indispensáveis pausas regulares para descanso auditivo, destinadas à preservação da acuidade perceptiva e à redução dos efeitos da fadiga auditiva, fatores diretamente relacionados à qualidade e à confiabilidade dos resultados. O trabalho deve observar metodologias nacionais e internacionais reconhecidas pela comunidade científica, protocolos técnico-científicos validados, procedimentos verificáveis e conclusões devidamente fundamentadas, em conformidade com os critérios de cientificidade, as normas técnicas aplicáveis, os preceitos éticos profissionais e as garantias estabelecidas pelo ordenamento jurídico.

Os Exames de Verificação ou de Atribuição da Autoria da Emissão de Voz e de Fala pertencem ao campo da identificação forense de falantes, que reúne procedimentos técnico-científicos voltados à análise da possível correspondência entre determinada emissão, registrada em arquivo sonoro ou audiovisual, e um ou mais locutor (falante). Em ambas as modalidades, a comparação forense de locutores é operacionalizada por confrontos binários, nos quais as características presentes em duas amostras de fala são analisadas sistematicamente para avaliar o grau de suporte dos achados às hipóteses mutuamente excludentes de origem comum ou distinta.

No âmbito pericial, o registro relacionado aos fatos investigados e cuja autoria é questionada recebe a denominação de Amostra Questionada. A Amostra Padrão, também denominada amostra de referência, corresponde ao registro de procedência conhecida, vinculado a um determinado locutor e utilizado como parâmetro para a comparação. O Exame de Verificação da Autoria da Emissão de Voz e de Fala, mais frequentemente demandado nos processos cíveis, consiste em um único confronto binário entre uma Amostra Questionada e uma Amostra Padrão, com a finalidade de avaliar as hipóteses alternativas de que ambas tenham sido produzidas pelo mesmo locutor ou por locutores distintos.

O Exame de Atribuição de Autoria da Emissão de Voz e de Fala, por sua vez, possui escopo mais amplo e pode abranger diferentes locutores ou múltiplas amostras, exigindo a apreciação de mais de uma hipótese de autoria. Ainda assim, sua operacionalização ocorre por meio de múltiplos confrontos binários, uma vez que cada pareamento entre uma Amostra Questionada e uma Amostra Padrão constitui uma unidade técnica própria de comparação. Consequentemente, o dimensionamento dos honorários periciais depende do número de confrontos binários necessários, pois cada novo pareamento amplia o volume de dados, os procedimentos analíticos, o tempo de execução e a documentação técnico-científica exigida.

Em ambas as modalidades de exame, consideram-se não somente as correspondências identificadas entre os registros, mas também o valor discriminativo de cada característica analisada. Para essa finalidade, são examinadas duas propriedades fundamentais: a similaridade e a tipicidade. A primeira expressa o nível de correspondência entre os padrões fonéticos, fonológicos, prosódicos, discursivos e outros aspectos linguísticos identificados nas amostras. A segunda diz respeito à ocorrência desses padrões na população de referência ou na comunidade de fala considerada. Essas propriedades devem ser interpretadas conjuntamente, uma vez que o valor discriminativo de uma correspondência depende tanto do grau de similaridade observado entre as amostras quanto da frequência com que a característica ocorre entre outros falantes dessa população. Desse modo, quanto maior a similaridade e menor a tipicidade da característica, maior tende a ser sua capacidade de contribuir para a diferenciação entre as hipóteses de origem comum e de origem distinta.

A presença de uma mesma característica nas amostras confrontadas não possui, isoladamente, elevado valor discriminante. Quando o traço é frequente entre os falantes da população de referência, sua coincidência oferece suporte limitado à hipótese de origem comum. Em contrapartida, a ocorrência, em ambas as amostras, de uma característica pouco frequente nessa população pode apresentar maior relevância para a

avaliação da hipótese de que as emissões tenham sido produzidas pelo mesmo indivíduo. A raridade do traço, contudo, não pode ser presumida apenas com base na experiência do examinador: sua interpretação exige respaldo em conhecimento técnico-científico e, quando disponíveis, em dados populacionais pertinentes à população de referência considerada. Na ausência dessas informações, o valor atribuído à característica e o alcance da conclusão devem ser limitados.

Outro aspecto essencial corresponde à variabilidade observada nas produções de um mesmo indivíduo. Ainda que um falante procure repetir determinada emissão, os resultados não serão acusticamente idênticos. Essa variação, denominada variabilidade intrafalante, pode decorrer de condições fisiológicas, emocionais, comunicativas, linguísticas, ambientais e tecnológicas. Esses fatores podem produzir modificações em diferentes dimensões da produção da voz e da fala, incluindo aspectos fonético-articulatórios, acústicos, prosódicos, fonológicos e linguísticos, afetando, em diferentes graus, as características observadas em uma mesma pessoa ao longo de suas produções. Assim, amostras produzidas pelo mesmo locutor não são necessariamente idênticas, e a existência de diferenças entre elas constitui um fenômeno esperado da produção da fala.

A extensão dessa variabilidade também pode variar conforme o parâmetro examinado e as condições de produção e de registro de cada amostra. Consequentemente, o exame pericial não busca uma correspondência absoluta, mas padrões recorrentes, diferenças explicáveis e características potencialmente idiossincráticas que permaneçam observáveis entre realizações distintas.

A avaliação técnico-científica articula três eixos complementares: análise linguística, análise perceptivo-auditiva e análise acústico-instrumental. A primeira examina os usos e os padrões linguísticos manifestados nas amostras; a segunda contempla a apreciação especializada das características audíveis da voz e da fala; e a terceira possibilita mensurar e representar propriedades físicas do sinal sonoro. Os resultados obtidos em cada eixo devem ser interpretados de forma conjunta, considerando-se as condições e as limitações específicas das amostras examinadas. Nenhum desses eixos, isoladamente, deve ser tomado como fundamento exclusivo da conclusão pericial. A integração dos resultados permite confrontar convergências e divergências, reduzir a dependência de interpretações subjetivas e conferir maior consistência às conclusões apresentadas no laudo.

Conforme exposto, tais exames compreendem múltiplas análises técnico-científicas. Para que essas análises produzam resultados válidos e confiáveis, a Amostra Questionada deve apresentar condições técnicas mínimas, cuja avaliação antecede a realização dos exames periciais subsequentes e constitui o objeto da próxima subseção.

2.2 Análise de viabilidade técnica pericial do vestígio sonoro

A Análise de Viabilidade Técnica Pericial do Vestígio Sonoro Digital constitui a primeira fase do protocolo e possui natureza diagnóstica. Sua finalidade consiste em determinar se a Amostra Questionada reúne condições técnico-científicas suficientes para subsidiar os exames pretendidos na segunda fase. Nessa etapa preliminar, não são desenvolvidos procedimentos voltados à identificação ou à exclusão de locutores, pois o objeto da avaliação se restringe à aptidão do vestígio sonoro.

Superada essa etapa e constatada a aptidão do material, poderá ser iniciada a segunda fase, correspondente ao Exame Técnico-Pericial destinado à Verificação ou à Atribuição da Autoria da Emissão de Voz e de Fala. A adequada execução dos diferentes procedimentos técnico-científicos que integram a perícia pressupõe a existência de material tecnicamente adequado. A organização bifásica permite que a possibilidade, o alcance, a complexidade e os custos dos procedimentos subsequentes sejam definidos com base nas condições efetivamente constatadas na Amostra Questionada sob exame.

Além de assegurar o rigor técnico-científico dos exames, a avaliação prévia favorece a celeridade e a previsibilidade do procedimento pericial. Na prática, é frequente o encaminhamento de arquivos que apresentam edições, baixa qualidade acústica, compressão excessiva, ruído elevado, sobreposição de vozes, reduzida extensão de fala ou escassez de conteúdo linguístico comparável. Essas limitações podem comprometer a inteligibilidade da fala, impedir a extração consistente de parâmetros acústicos e linguísticos e inviabilizar a formulação de conclusões confiáveis acerca da origem comum ou distinta das emissões registradas nas amostras confrontadas.

O protocolo compreende cinco procedimentos articulados, destinados à avaliação sistemática das condições apresentadas pela Amostra Questionada e à determinação de sua aptidão para subsidiar os exames periciais subsequentes. Os fundamentos e os critérios aplicáveis a cada etapa são apresentados nas subseções 2.2.1 a 2.2.5.

2.2.1. Origem e Disponibilidade do Arquivo Original

O primeiro procedimento destina-se à identificação da origem do vestígio e à obtenção do arquivo em sua forma original ou, quando este não estiver disponível, da cópia de primeira geração que preserve as características do registro na fonte. Essa providência é necessária porque conversões, compressões, exportações e compartilhamentos sucessivos podem modificar propriedades relevantes do arquivo e do sinal sonoro, como taxa de amostragem, taxa de bits, profundidade de bits, metadados e distribuição espectral, comprometendo a fidelidade do material em relação ao registro original e, consequentemente, sua adequação à análise pericial.

A simples presença do arquivo nos autos eletrônicos não assegura que a versão disponibilizada corresponda ao registro originalmente produzido. Alguns sistemas podem aplicar processos automáticos de compressão ou conversão durante a juntada. Por essa razão, a origem, o modo de obtenção, o formato e a trajetória documental do arquivo devem ser verificados antes das demais análises, em conformidade com os princípios de preservação e rastreabilidade aplicáveis às evidências digitais.

2.2.2. Integridade e Autenticidade Passível de Apreciação

O segundo procedimento examina a integridade estrutural do arquivo e a existência de elementos potencialmente associados a edições ou manipulações. A inspeção compreende a apreciação da estrutura do arquivo, dos metadados disponíveis, do oscilograma e do espectrograma, além da escuta crítica do registro.

Busca-se identificar descontinuidades ou anomalias que possam estar relacionadas a inserções, supressões, remanejamentos, sobreposições, substituições de trechos ou alterações produzidas por programas de edição. Também podem ser observadas assinaturas deixadas por Softwares, equipamentos ou processos de conversão, quando presentes na estrutura digital do arquivo.

Esse procedimento possui natureza de triagem técnica e não equivale a um exame categórico de autenticação digital. A demonstração conclusiva da existência ou da inexistência de manipulação pode exigir acesso ao equipamento gravador original, realização de ensaios específicos e atuação de profissional especializado em autenticação de arquivos. Assim, especialmente quando não há acesso ao dispositivo empregado na gravação, a ausência de indícios perceptíveis não autoriza afirmar, de maneira absoluta, que o registro nunca foi alterado.

No entanto, quando forem identificados indícios tecnicamente relevantes de edição, manipulação ou ruptura da integridade do arquivo que comprometam sua confiabilidade para as análises pretendidas, sua natureza e suas possíveis repercussões deverão ser documentadas, e os exames periciais subsequentes não terão prosseguimento. Nessa hipótese, a Amostra Questionada será classificada como inapta, uma vez que as alterações constatadas comprometem a confiabilidade do vestígio sonoro digital e impedem sua utilização segura nas análises pretendidas.

2.2.3. Qualidade Acústica do Arquivo

O terceiro procedimento corresponde à avaliação da qualidade acústica da Amostra Questionada. As condições do sinal interferem diretamente na possibilidade de observar, extrair e interpretar parâmetros perceptivo-auditivos, fonético-acústicos e linguísticos. Ruído de fundo, distorção, reverberação, saturação, sobreposição de vozes, perda de frequências e baixa relação sinal-ruído podem mascarar características relevantes ou produzir mensurações instáveis.

A classificação da qualidade acústica fundamenta-se na etiquetagem proposta pelo Grupo de Estudos em Fonética Forense — GEFF [1]. O sistema classifica as gravações em diferentes categorias de qualidade acústica, considerando a relação sinal-ruído, a quantidade de trechos aproveitáveis, a incidência de sobreposições e a possibilidade de observação de parâmetros como frequência fundamental, formantes vocálicos e concentração espectral das fricativas. A etiquetagem permite, assim, avaliar o grau de aproveitamento do material e estabelecer quais parâmetros acústicos podem ser analisados com segurança em cada gravação.

A classificação não deve ser interpretada isoladamente. Um arquivo pode apresentar qualidade suficiente para análise de inteligibilidade e, ao mesmo tempo, ser inadequado para determinadas mensurações acústicas. Desse modo, a qualidade deve ser apreciada em função da finalidade do exame e dos parâmetros efetivamente necessários à análise de autoria.

2.2.4 Suficiência Quantitativa e Qualitativa da Amostra de Voz e de Fala

O quarto procedimento examina a quantidade e a diversidade do material linguístico disponível. A duração total do arquivo não corresponde necessariamente à quantidade de fala aproveitável, pois o registro pode conter silêncios, ruídos, sobreposições, falas de

terceiros ou segmentos ininteligíveis. Por essa razão, considera-se a fala líquida efetivamente atribuível ao locutor de interesse.

A avaliação também contempla a diversidade linguística da amostra, incluindo aspectos fonéticos, fonológicos, lexicais, morfossintáticos, semânticos, pragmáticos, prosódicos e discursivos. Nesse sentido, a presença de diferentes palavras, segmentos e contextos fonéticos possibilita observar múltiplas configurações articulatórias e coarticulatórias, ampliando o conjunto de características passíveis de análise. Quando encadeada, especialmente em produções espontâneas, a fala também favorece a observação de fenômenos prosódicos, rítmicos, coarticulatórios e discursivos que não se manifestam da mesma forma em produções isoladas. Por outro lado, amostras constituídas predominantemente por leitura, repetição ou fala previamente ensaiada podem restringir a variabilidade linguística e a manifestação espontânea de características individuais do locutor. Da mesma forma, materiais restritos, repetitivos ou com baixa variedade fonética oferecem poucas oportunidades de comparação e limitam a observação de padrões recorrentes ou potencialmente idiossincráticos. Nessa perspectiva, registros compostos predominantemente por números, nomes próprios, palavras isoladas, expressões fixas e recorrentes ou sequências reiteradas podem apresentar reduzido potencial analítico, ainda que possuam duração aparentemente suficiente.

Gfrörer (2003) assinala que registros com menos de 20 segundos de fala líquida, e mesmo determinadas amostras com duração de até 60 segundos, podem não representar adequadamente a variedade do comportamento verbal de um indivíduo. Esses valores não devem ser aplicados como limites automáticos e absolutos, mas como referência para a avaliação conjunta da extensão, da diversidade, da natureza e do grau de espontaneidade das produções, bem como do aproveitamento efetivo do material.

2.2.5. Classificação Final da Aptidão

O quinto procedimento corresponde à integração dos resultados anteriores e à classificação da Amostra Questionada. A decisão não deve decorrer exclusivamente da duração, da relação sinal-ruído ou de outro parâmetro isolado. A aptidão é determinada pela repercussão conjunta das condições verificadas sobre a possibilidade de realização válida dos exames pretendidos.

Ao final, é elaborado o Laudo de Viabilidade Técnica Pericial do Vestígio Sonoro, no qual o material recebe uma das seguintes classificações:

- **Apto para os exames pretendidos:** o material apresenta condições técnicas suficientes para a realização integral dos exames e para a obtenção de resultados interpretáveis.
- **Apto com restrições:** o material permite a realização dos exames, porém contém limitações que podem restringir o alcance, a precisão ou a força das conclusões. As restrições devem ser expressamente documentadas e consideradas na interpretação dos resultados.
- **Inapto para os exames pretendidos:** o material não apresenta condições técnicas mínimas para a realização válida e confiável dos exames, impedindo o prosseguimento para a segunda fase.

A classificação do vestígio sonoro como inapto não representa ausência de trabalho pericial nem resultado inconclusivo, mas constitui conclusão técnico-científica fundamentada nas condições efetivamente constatadas na Amostra Questionada. Nessa hipótese, a interrupção dos procedimentos subsequentes impede a realização de exames completos sobre material incapaz de sustentar inferências confiáveis e fornece ao Juízo e às partes informações objetivas acerca das limitações técnicas e probatórias do vestígio examinado.

Em contraste com uma sistemática de caráter apenas eliminatório, a constatação de uma limitação em determinado procedimento não conduz, por si só, à inaptidão. O efeito dependerá de sua natureza e de sua repercussão sobre os exames pretendidos. Limitações parciais podem justificar a classificação como apto com restrições, enquanto falhas substanciais relacionadas à integridade, à suficiência ou à qualidade determinarão a inaptidão do material.

A primeira fase constitui atividade autônoma, com objeto, procedimentos e produto técnico próprios. Sua execução foi dimensionada em seis horas de trabalho especializado, abrangendo o recebimento e a organização do material, as verificações técnicas, a integração dos achados e a elaboração do laudo. Independentemente da classificação atribuída ao vestígio sonoro — apto, apto com restrições ou inapto —, os procedimentos realizados, os achados obtidos e a conclusão alcançada são formalizados em laudo pericial próprio. A remuneração é devida pelo trabalho efetivamente realizado, independentemente da classificação final.

Quando o vestígio é considerado apto ou apto com restrições, o laudo pericial é apresentado ao Juízo e às partes, acompanhado da proposta de honorários para a realização da segunda fase. O novo orçamento é calculado conforme o número de confrontos binários, a extensão das amostras, a quantidade de locutores, as limitações constatadas e o volume de trabalho exi-

gido. A definição separada dos honorários evita que as partes suportem antecipadamente os custos de um exame completo cuja viabilidade ainda não tenha sido tecnicamente demonstrada e cujo resultado poderia revelar-se inconclusivo em razão da inadequação ou da incompatibilidade técnica das amostras disponíveis.

3. METODOLOGIA

3.1 DELINEAMENTO E CONSTITUIÇÃO DO CORPUS

O estudo caracteriza-se como aplicado, descritivo, retrospectivo e de abordagem quantitativa. Para sua realização, constituiu-se um *corpus* documental composto por 50 nomeações judiciais destinadas à realização de Exames de Verificação ou de Atribuição da Autoria da Emissão de Voz e de Fala, provenientes do Tribunal de Justiça do Estado do Rio Grande do Sul e recebidas entre outubro de 2025 e junho de 2026. As nomeações foram atribuídas a duas peritas fonoaudiólogas que adotaram o Protocolo de Viabilidade Técnica Pericial do Vestígio Sonoro em sua rotina profissional.

Cada nomeação foi considerada uma unidade de análise. Foram examinadas as informações relacionadas ao acolhimento judicial da organização bifásica, ao prosseguimento do procedimento pericial, à realização da Análise de Viabilidade Técnica Pericial, ao resultado dessa primeira fase e, nos casos em que o procedimento não teve continuidade, ao motivo registrado para o encerramento.

Os dados foram tratados de forma agregada, sem identificação das partes, dos números dos processos ou do conteúdo dos arquivos examinados. Nenhuma informação pessoal, processual ou acústica capaz de individualizar os envolvidos foi utilizada na apresentação dos resultados.

3.2 ACEITE CONDICIONADO E ORGANIZAÇÃO BIFÁSICA

condicionamento não configurou recusa à nomeação nem imposição unilateral ao Juízo, mas delimitou as condições técnico-científicas indispensáveis à adequada execução do encargo. A aptidão da Amostra Questionada, o alcance das análises subsequentes e a complexidade da perícia somente poderiam ser determinados após a avaliação especializada do material. A existência de honorários previamente arbitrados ou de custeio pela Assistência Judiciária Gratuita não afastou essa necessidade, pois a modalidade de pagamento não modifica os requisitos científicos do exame.

A manifestação apresentada nos autos estabeleceu a organização do procedimento em duas fases sucessivas, tecnicamente autônomas e metodologicamente interdependentes. A primeira correspondeu à Análise de Viabilidade Técnica Pericial do Vestígio Sonoro, destinada à avaliação da aptidão da Amostra Questionada e concluída mediante laudo próprio. A segunda correspondeu ao Exame Técnico-Pericial destinado à Verificação ou à Atribuição da Autoria da Emissão de Voz e de Fala, cujo início permaneceu condicionado à classificação da Amostra Questionada como apta ou apta com restrições.

O início de cada fase dependia da respectiva autorização judicial, do pagamento dos honorários periciais, da juntada do comprovante de depósito aos autos do processo e do recebimento adequado dos materiais necessários à execução dos procedimentos. Portanto, nenhuma das fases era iniciada antes do cumprimento dessas condições.

Quando a Amostra Questionada era classificada como apta ou apta com restrições, a segunda fase não era iniciada automaticamente. Após a conclusão da primeira fase, era apresentada nova proposta de honorários, específica e autônoma, dimensionada conforme o número de confrontos binários, a extensão das amostras, a quantidade de locutores e a complexidade técnico-operacional dos exames pretendidos. O orçamento era submetido à apreciação do Juízo e à manifestação das partes, e os procedimentos subsequentes somente eram iniciados após o cumprimento das condições anteriormente estabelecidas.

A organização bifásica também se apoiou no art. 473, III, do Código de Processo Civil, segundo o qual o laudo deve indicar e explicar o método utilizado [7]. A avaliação prévia da viabilidade integrou, portanto, o próprio método pericial, e não mera providência administrativa ou análise informal. A eventual classificação da Amostra Questionada como inapta constituiu conclusão técnico-científica completa da primeira fase, formalizada em laudo próprio, e não resultado inconclusivo ou deficiente.

Na hipótese de não acolhimento das condições técnicas apresentadas, foi formulado pedido subsidiário de escusa do encargo por motivo legítimo, com fundamento no art. 157 do Código de Processo Civil e no art. 29 do Código de Ética da Fonoaudiologia [7,8]. Requereu-se, nesse caso, a nomeação de outro profissional, sem o início dos trabalhos periciais enquanto pendente a apreciação judicial. Dessa forma, preservaram-se a autoridade do Juízo para decidir sobre a condução da prova e a responsabilidade técnica das peritas quanto ao método empregado.

Para fins de classificação dos dados, considerou-se aceita a nomeação em que o Juízo acolheu a realização da primeira fase e autorizou a execução do protocolo nas condições técnico-operacionais apresentadas. Foram incluídas no grupo de casos sem prosseguimento as nomeações em que ocorreu a substituição das peritas, a oposição às condições propostas, a incompreensão da estrutura bifásica ou a desistência da demanda antes da realização da Análise de Viabilidade Técnica Pericial.

3.3 ENVIO ADEQUADO DO VESTÍGIO SONORO DIGITAL

O início da Análise de Viabilidade Técnica Pericial ficou condicionado à disponibilização adequada da Amostra Questionada. Em cada nomeação, solicitou-se o encaminhamento do arquivo original, preservado no formato em que foi produzido e com suas propriedades técnicas e metadados disponíveis.

Orientou-se que o arquivo não fosse anexado diretamente ao sistema processual eletrônico, uma vez que esse procedimento poderia submetê-lo a mecanismos automáticos de compressão, conversão ou reprocessamento, com possíveis alterações na taxa de amostragem, na taxa e na profundidade de bits, nos metadados e em outras características relevantes do sinal acústico. Essas modificações poderiam comprometer a correspondência entre o material recebido e o registro originalmente produzido, além de limitar a confiabilidade das análises subsequentes.

Por essa razão, o vestígio deveria ser disponibilizado por meio de plataforma de armazenamento em nuvem, como Google Drive, OneDrive, Dropbox ou serviço equivalente, com a inserção do respectivo link de acesso nos autos. Dessa forma, o arquivo permaneceria armazenado externamente em seu formato original, enquanto sua disponibilização e sua vinculação ao processo seriam formalmente documentadas no sistema judicial.

Não se admitiu o encaminhamento do arquivo ou do link por correio eletrônico, pois esse meio permanece externo aos autos e não oferece a mesma rastreabilidade processual. Também se orientou a parte responsável a não converter, editar, recortar, beneficiar, renomear de forma inadequada ou submeter o arquivo a compartilhamentos sucessivos antes de sua disponibilização.

Quando o arquivo original já se encontrava disponibilizado de forma adequada mediante link inserido nos autos, a orientação deveria ser desconsiderada, por já estar atendida. Nessa hipótese, solicitou-se apenas que a parte responsável indicasse o evento processual correspondente, permitindo a localização segura e célere do vestígio pelas peritas.

3.4 APLICAÇÃO DA PRIMEIRA FASE DO PROTOCOLO

Nos casos aceitos, após o cumprimento das condições estabelecidas para o início dos trabalhos, a Amostra Questionada foi submetida aos cinco procedimentos integrantes da primeira fase do protocolo: verificação da origem, da disponibilidade e do envio adequado do vestígio sonoro digital; análise da integridade e triagem de autenticidade; avaliação da qualidade acústica; análise da suficiência quantitativa e qualitativa da voz e da fala; e classificação final da aptidão técnico-pericial. Os fundamentos e os critérios aplicáveis a cada procedimento foram apresentados nas subseções 2.2.1 a 2.2.5.

Os resultados foram apreciados conjuntamente e formalizados em Laudo de Viabilidade Técnica Pericial do Vestígio Sonoro. Ao término da primeira fase, a Amostra Questionada foi classificada como apta para os exames pretendidos, apta com restrições ou inapta para os exames pretendidos.

Para o tratamento dos dados, as classificações apta e apta com restrições foram reunidas na categoria "resultado positivo de viabilidade", pois ambas permitiam, embora com alcances distintos, o prosseguimento para a segunda fase. A classificação inapta foi registrada como "resultado negativo de viabilidade", por impedir a realização válida e confiável dos exames periciais subsequentes.

3.5 CARGA HORÁRIA E INDICADOR DE EFICIÊNCIA OPERACIONAL

A execução da primeira fase compreendeu seis horas de trabalho técnico especializado, destinadas ao recebimento e à organização do material, à realização dos procedimentos previstos, à interpretação integrada dos achados e à elaboração do respectivo laudo.

Com base nos registros de tempo de trabalho mantidos pelas peritas responsáveis, estimou-se que a realização integral de cada confronto binário entre uma Amostra Questionada e uma Amostra-padrão demandaria, em média, 30 horas de trabalho técnico especializado. Considerando que a primeira fase consumiu seis horas, a classificação do vestígio como inapto evitou o emprego estimado de 24 horas adicionais por confronto binário em procedimentos que, diante das limitações constatadas na Amostra Questionada, não apresentariam condições de produzir resultados válidos e confiáveis.

A partir dessa diferença de carga horária, a eficiência operacional foi estimada mediante a seguinte expressão:

Horas potencialmente evitadas = número de resultados negativos

× (30 horas – 6 horas)

O cálculo considerou apenas a diferença entre a carga horária média estimada para cada confronto binário e o tempo efetivamente empregado na análise de viabilidade. Não foram incluídos valores monetários nem estimados custos financeiros associados à segunda fase.

3.6 VARIÁVEIS E TRATAMENTO DOS DADOS

Foram registradas as seguintes variáveis:

- aceitação ou não aceitação do protocolo;
- realização da primeira fase;
- resultado positivo ou negativo da análise de viabilidade;
- possibilidade de prosseguimento para a segunda fase;
- motivo registrado para o não prosseguimento;
- horas potencialmente evitadas nos casos de resultado negativo.

Os motivos relacionados à procura ou à nomeação de outro perito, à não aceitação do valor dos honorários periciais propostos e à incompreensão da natureza do trabalho foram reunidos em uma categoria conjunta, pois os registros disponíveis não permitiram calcular separadamente a frequência de cada motivo. As desistências da própria demanda foram contabilizadas em categoria autônoma.

Para o tratamento quantitativo, empregou-se análise estatística descritiva, mediante o cálculo de frequências absolutas e percentuais. A taxa de aceitação foi obtida pela divisão do número de nomeações aceitas pelo total de casos analisados. A frequência dos resultados negativos foi calculada em relação aos casos aceitos e ao *corpus* total. Por fim, as razões para o não prosseguimento foram examinadas em relação ao conjunto das nomeações não aceitas.

4. RESULTADOS

Das 50 nomeações judiciais examinadas, 32 tiveram prosseguimento mediante aceitação da estrutura bifásica e das condições técnico-operacionais apresentadas, correspondendo a 64% do *corpus*. As 18 nomeações restantes (36%) não avançaram para a Análise de Viabilidade Técnica Pericial do Vestígio Sonoro Digital.

Entre as 32 nomeações aceitas, 14 apresentaram resultado negativo de viabilidade (43,75%), com classificação da Amostra Questionada como inapta para os exames pretendidos, em razão da ausência de condições técnicas mínimas para subsidiar, de maneira válida e confiável, as análises da segunda fase. Nas outras 18 nomeações (56,25%), o resultado da primeira fase permitiu o prosseguimento para o Exame de Verificação ou de Atribuição da Autoria da Emissão de Voz e de Fala. A constatação da aptidão não representou conclusão acerca da autoria, mas apenas o reconhecimento de que o material apresentava condições para ser submetido às análises subsequentes.

Entre as 18 nomeações que não prosseguiram, 12 estiveram relacionadas à procura ou à nomeação de outro perito, à não aceitação do valor dos honorários periciais propostos ou à incompreensão da natureza e da autonomia da primeira fase. Como os registros disponíveis não permitiram individualizar a frequência de cada uma dessas razões, os motivos foram mantidos em categoria conjunta. Nos seis casos restantes, ocorreu desistência da própria demanda. A distribuição das nomeações segundo o prosseguimento do protocolo, o resultado da Análise de Viabilidade Técnica Pericial e os motivos de não continuidade encontra-se apresentada na Tabela 1.

Desfecho Observado	Nº	Percentual
Nomeações Aceitas	**32**	**64,00% do total**
Resultado negativo de viabilidade	14	28,00% do total; 43,75% das aceitas
Viabilidade confirmada e prosseguimento da análise	18	36,00% do total; 56,25% das aceitas
Nomeações Não Aceitas	**18**	**36,00% do total**
Outro perito, honorários ou incompreensão	12	24,00% do total; 66,67% das não aceitas
Desistência da demanda	6	12,00% do total; 33,33% das não aceitas
Total	**50**	**100,00%**

Tabela 1 – Distribuição das nomeações judiciais segundo o prosseguimento do protocolo e o desfecho técnico-pericial

A identificação de 14 vestígios inaptos demonstrou a função de filtragem técnico-científica do protocolo. A primeira fase demandou seis horas de trabalho técnico especializado por nomeação, enquanto a realização integral de cada confronto binário foi estimada, com base nos registros de tempo de trabalho das peritas responsáveis, em aproximadamente 30 horas. Para a estimativa da carga horária potencialmente evitada, adotou-se de forma conservadora um único confronto binário por nomeação, embora determinados exames de atribuição possam envolver múltiplos confrontos.

No conjunto dos 14 resultados negativos, foram empregadas 84 horas na avaliação da viabilidade. Caso esses vestígios tivessem prosseguido diretamente para a realização de um confronto binário por nomeação, a carga horária estimada seria de aproximadamente 420 horas. O encerramento após a primeira fase evitou, portanto, ao menos 336 horas adicionais de trabalho técnico, conforme o seguinte cálculo:

14 casos × 24 horas adicionais = 336 horas potencialmente evitadas

Em cada um desses casos, a interrupção após a primeira fase correspondeu a uma redução de aproximadamente 80% da carga horária que seria necessária para a realização de um confronto binário completo. As seis horas empregadas na análise de viabilidade, entretanto, constituíram trabalho pericial efetivamente realizado, destinado à identificação e à documentação técnica das limitações que impediram o prosseguimento dos exames.

Os benefícios observados não se restringiram à redução da carga horária. A emissão de laudo específico permitiu comunicar ao Juízo e às partes as limitações identificadas na Amostra Questionada, fundamentar tecnicamente o encerramento do exame e evitar a realização de análises de autoria sobre material sem condições adequadas. Nos casos aptos, a primeira fase também forneceu elementos para delimitar o alcance, a complexidade e as condições da fase subsequente.

Quanto à adesão ao protocolo, 64% das nomeações prosseguiram conforme a estrutura proposta. A ausência de continuidade em 12 casos, relacionada à procura ou à nomeação de outro perito, à não aceitação do valor dos honorários periciais propostos ou à incompreensão do método, sugere a importância de uma comunicação mais clara acerca da finalidade diagnóstica da primeira fase, de sua autonomia e do trabalho técnico necessário à emissão do respectivo laudo.

5. CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que a avaliação prévia da viabilidade técnico-pericial constitui medida relevante para a qualificação dos exames de voz e de fala. Entre as 32 nomeações que aceitaram o protocolo, 14 apresentaram resultado negativo, revelando que 43,75% dos vestígios efetivamente analisados não reuniam condições técnicas para o prosseguimento à segunda fase. Sem essa avaliação preliminar, esses materiais poderiam ter sido submetidos a procedimentos extensos incapazes de produzir inferências válidas e confiáveis.

A estrutura bifásica mostrou-se eficiente sob três perspectivas. No plano técnico-científico, permitiu selecionar os vestígios adequados e documentar as limitações daqueles considerados inaptos. No plano operacional, evitou ao menos 336 horas adicionais de trabalho, considerando-se, de forma conservadora, um único confronto binário por nomeação, o que correspondeu a 80% da carga horária estimada para a realização de cada confronto nos 14 casos negativos. No plano processual, forneceu ao Juízo e às partes elementos técnicos anteriores à decisão sobre o prosseguimento da perícia.

Nesse contexto, a classificação do vestígio como inapto não deve ser compreendida como ausência de resultado ou inutilidade da atividade realizada. Trata-se de resposta pericial tecnicamente fundamentada, obtida após seis horas de procedimentos especializados e formalizada em laudo próprio. Sua função consiste justamente em impedir que limitações inerentes ao vestígio sejam confundidas com insuficiência metodológica ou conduzam à formulação de conclusões desprovidas de suporte científico.

O aceite condicionado mostrou-se compatível com a organização do protocolo, pois preservou a autonomia das duas fases e impediu que a viabilidade do material, a extensão da segunda fase e a carga de trabalho fossem presumidas antes da avaliação técnica. Esse condicionamento manteve-se necessário mesmo quando já havia honorários estipulados judicialmente ou custeio pela Assistência Judiciária Gratuita, uma vez que a forma de custeio não modifica os requisitos científicos indispensáveis à realização do exame.

A proporção de nomeações que não prosseguiram também revelou um desafio institucional. A associação entre a procura ou a nomeação de outro perito, a não aceitação do valor dos honorários periciais propostos e a incompreensão da natureza e da autonomia da primeira fase sugere a necessidade de maior esclarecimento aos operadores do Direito sobre a autonomia, a finalidade e a relevância da Análise de Viabilidade Técnica Pericial.

Como limitações, o estudo abrangeu 50 nomeações oriundas de um único Tribunal e utilizou registros produzidos na prática profissional, sem grupo de comparação. A estimativa de horas evitadas tomou como referência uma duração média de 30 horas por confronto binário e, para fins de cálculo, considerou apenas um confronto por nomeação, constituindo, portanto, uma estimativa conservadora da carga horária potencialmente evitada. O tempo efetivamente necessário à realização dos exames pode variar conforme o número de confrontos binários, a extensão das amostras e a complexidade de cada demanda.

Apesar dessas limitações, os achados indicam que o Protocolo de Viabilidade Técnica Pericial contribui para a auditabilidade, a justificabilidade, a racionalização do trabalho especializado e a prevenção de exames realizados sobre vestígios inadequados. Sua aplicação apresenta potencial para subsidiar iniciativas de padronização metodológica

e aprimorar a eficiência técnico-operacional e processual das perícias de voz e de fala.

REFERÊNCIAS CONSULTADAS

[1] BARBOSA, Plínio A.; CAZUMBA, Leonardo A.; CONSTANTINI, Ana; MACHADO, Amanda; PASSETTI, Ricardo R.; SANCHES, Ana. Análise fonética-forense em tarefa de comparação de locutor. Campinas: Millennium, 2020.

[2] NOLAN, Francis. The phonetic bases of speaker recognition. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

[3] ROSE, P. Forensic Speaker Identification. London: Taylor & Francis, 2002.

[4] GFRÖRER, Stefan. Auditory-instrumental forensic speaker recognition. In: EUROPEAN CONFERENCE ON SPEECH COMMUNICATION AND TECHNOLOGY, 8., 2003, Geneva. Proceedings [...] Geneva: International Speech Communication Association, 2003.

[5] EUROPEAN NETWORK OF FORENSIC SCIENCE INSTITUTES — ENFSI. Best Practice Manual for the Methodology of Forensic Speaker Comparison. [S. l.]: ENFSI, 2022.

[6] MORRISON, Geoffrey Stewart. Forensic voice comparison and the paradigm shift. Science & Justice, v. 49, n. 4, p. 298–308, 2009.

[7] BRASIL. Lei nº 13.105, de 16 de março de 2015. Institui o Código de Processo Civil. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 152, n. 51, p. 1, 17 mar. 2015.

[8] CONSELHO FEDERAL DE FONOAUDIOLOGIA. Resolução CFFa nº 640, de 3 de dezembro de 2021. Dispõe sobre a aprovação da atualização do Código de Ética da Fonoaudiologia e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 448–449, 9 dez. 2021.

[9] CONSELHO NACIONAL DE JUSTIÇA. Resolução nº 232, de 13 de julho de 2016. Fixa os valores dos honorários a serem pagos aos peritos, no âmbito da Justiça de primeiro e segundo graus, nos termos do disposto no art. 95, § 3º, II, do Código de Processo Civil. Diário da Justiça Eletrônico do Conselho Nacional de Justiça: n. 120, Brasília, DF, p. 2–3, 14 jul. 2016.

Ê. R. Viana, F. Í. G. da Silva, Rev. Bras. Crim. 2029
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

SigForense: Sistema Multi-Agente de Verificação Forense de Assinaturas Manuscritas com Razão de Verossimilhança Bayesiana

Ê. R. Viana[a,b], F. Í. G. da Silva[b,*]

[a]*Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza (CE), Brasil*
[b]*Perícia Forense do Estado do Ceará (PEFOCE), Fortaleza (CE), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: eniocc@gmail.com*

Palavras-chave: grafoscopia computacional; aprendizado métrico; redes siamesas; razão de verossimilhança.

RESUMO

A grafoscopia, ciência forense dedicada à verificação de autenticidade de assinaturas manuscritas, enfrenta volume crescente de demandas em razão da digitalização documental e do aumento das tentativas de fraude — 51 mil tentativas só no Brasil em 2025 [1]. Este trabalho propõe o SigForense, sistema multi-agente que transpõe a metodologia consagrada de comparação facial baseada em embeddings (AdaFace, ArcFace) [2] para o domínio caligráfico, entregando ao perito uma Razão de Verossimilhança (LR) com interpretação bayesiana segundo a escala ENFSI [3]. A solução combina redes siamesas (ResNet-50 [4], ViT-Small/16 [5] e SigNet [6]) treinadas com perdas métricas (Contrastive, Triplet com OHEM, SupCon [7] e a ForensicAwareTriplet proposta), persistência em Milvus 2.4 [8] e PostgreSQL, orquestração via CrewAI e interface web em FastAPI. Validado sobre o corpus CEDAR [9], o sistema busca conferir celeridade e auditabilidade ao processo pericial sem substituir o profissional, fornecendo análise assistida com saída numérica (escore, LR, $\log_{10}$ LR) e visual (curvas SS/DS) rastreável em banco relacional.

1. INTRODUÇÃO

A grafoscopia, ciência que estuda a autenticidade de assinaturas, tem papel central nos meios social, político e econômico, pois sua aplicação impacta milhares de pessoas a cada decisão pericial. No Brasil, a falsificação de documentos é tipificada como crime no Código Penal e seus números permanecem elevados, intensificados pela digitalização documental: estima-se em 51 mil as tentativas de fraude registradas em 2025, um aumento de aproximadamente 37,8 % frente a 2024 [1, 13]. Tradicionalmente, a análise grafoscópica considera pressão, inclinação, continuidade dos traços e a consistência do conjunto da assinatura [13], processo demorado diante do volume de demandas judiciais e administrativas.

Para conferir celeridade ao trabalho do perito sem dispensar sua expertise, ferramentas computacionais têm sido propostas. Franco e Cardoso [12] desenvolveram software de verificação automatizada com redes neurais artificiais e processamento digital de imagens. Sistemas como NEGA ACPC (digital negatoscope), Neuroscript e ScriptAlyzer [14] auxiliam a análise milimétrica de sobreposições, movimentos motores e características de ritmo e velocidade. Em paralelo, o estado da arte em comparação facial estabeleceu uma metodologia robusta baseada em embeddings vetoriais (AdaFace [2], FaceNet [10]) calibrados por distribuições populacionais e interpretação por Razão de Verossimilhança (LR) sob a escala ENFSI [3, 15].

Este trabalho propõe o **SigForense**, sistema computacional que transpõe essa metodologia ao domínio caligráfico: embeddings L2-normalizados extraídos por redes siamesas (SigNet [6], ResNet-50 [4] e ViT-Small/16 [5]), persistidos em banco vetorial Milvus [8] com índice HNSW e métrica L2, são comparados por um escore matematicamente equivalente à similaridade cosseno; distribuições gaussianas populacio-

nais SS (same source) e DS (different source) calibram a LR bayesiana, produzindo um laudo numérico e visual auditável, rastreado em banco PostgreSQL.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Corpus e divisão writer-independent

O sistema foi treinado e validado sobre o corpus CEDAR [9], composto por 55 escritores, cada qual com 24 assinaturas originais e 24 falsificações pareadas (2 640 imagens). Aplicou-se divisão **writer-independent** 70/10/20 — nenhum escritor figura em mais de um conjunto — refletindo o cenário pericial em que se avaliam indivíduos desconhecidos pelo modelo.

2.2 Pré-processamento

Cada imagem é convertida em escala de cinza, binarizada por Otsu, submetida a fechamento morfológico (elemento elíptico 3×3), recortada pela ROI do traçado, redimensionada para 224×224 e normalizada com as estatísticas do ImageNet (média = [0,485; 0,456; 0,406], desvio = [0,229; 0,224; 0,225]). Durante o treinamento, aplicam-se aumentações estocásticas moderadas (RandomCrop, RandomRotation ±5°, RandomPerspective 0,05 e ColorJitter 0,1) que preservam a integridade caligráfica.

2.3 Arquitetura multi-agente

O SigForense é orquestrado pelo framework CrewAI em seis agentes especializados (Figura 1): **IngestorAgent** parseia o CEDAR e popula o banco vetorial; **TrainerAgent** orquestra o treinamento das redes; **EmbedderAgent** carrega o modelo e produz embeddings L2-normalizados de 128 dimensões; **StatsAgent** calcula gaussianas SS/DS; **ComparatorAgent** compara duas assinaturas e emite a LR; e **ReporterAgent** gera o relatório visual em PNG.

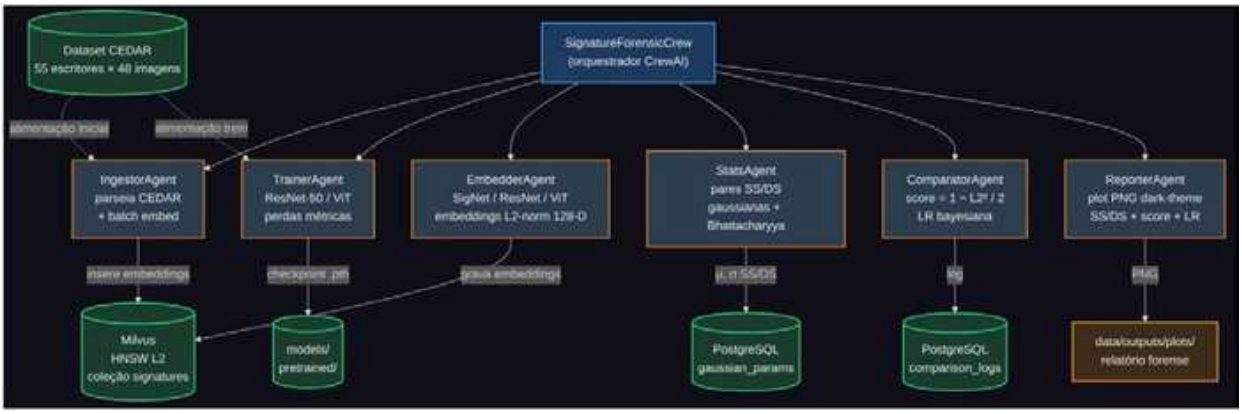


Figura 1 — Arquitetura multi-agente do SigForense orquestrada pelo CrewAI, com armazenamentos vetorial (Milvus, índice HNSW L2) e relacional (PostgreSQL).

2.4 Redes siamesas e perdas métricas

São oferecidos três backbones intercambiáveis: (i) **SigNet** [6], CNN clássica para assinaturas; (ii) **ResNet-50** [4] pré-treinada em ImageNet, com camadas iniciais layer1 e layer2 congeladas; e (iii) **ViT-Small**/16 [5] do timm. Todos são acoplados a uma ProjectionHead (2048 → 512 → 128 com BatchNorm) e a uma normalização L2 final, projetando os embeddings sobre a esfera unitária S^{127}. O treinamento utiliza AdamW com taxas diferenciais (backbone 0,1×lr; head 1,0×lr), agendador CosineAnnealingWarmRestarts, AMP em fp16 e grad-clip 1,0. Quatro perdas métricas são suportadas: Contrastive, Triplet com OHEM (hard_ratio = 0,7), SupCon [7] ($\tau = 0{,}07$) e a **ForensicAwareTriplet** proposta, que pondera triplets intra-escritor (genuína vs. falsificação do mesmo alvo) com peso 3,0.

2.5 Escore forense e Razão de Verossimilhança

Para vetores L2-normalizados vale a identidade $\|a - b\|_2^2 = 2 - 2\,(a \cdot b)$, donde se define o **escore forense** como $\text{score} = 1 - \|a - b\|_2^2 / 2 \in [-1, 1]$, matematicamente equivalente à similaridade cosseno. Os embeddings são indexados em Milvus [8] com HNSW (M = 16, efConstruction = 200) e métrica L2, coerente com a perda de treino. Para calibrar a LR, o StatsAgent constrói até 50 mil pares estratificados — SS (mesma escritora, ambas genuínas), DS intra-writer (genuína vs. falsificação do mesmo alvo, **caso forense crítico**) e DS inter-writer — e ajusta gaussianas $N(\mu_{SS}, \sigma_{SS})$ e $N(\mu_{DS}, \sigma_{DS})$ por máxima verossimilhança. A LR de cada comparação é $LR = N(\text{score}; \mu_{SS}, \sigma_{SS}) / N(\text{score}; \mu_{DS}, \sigma_{DS})$, interpretada pela escala ENFSI adaptada [3, 11, 15], conforme a Tabela 1.

LR	$\log_{10}$(LR)	Interpretação forense
> 10^4	> 4	Fortíssimo suporte a MESMA FONTE
10^2 – 10^4	2 – 4	Muito forte suporte a MESMA FONTE
10 – 10^2	1 – 2	Forte suporte a MESMA FONTE
3 – 10	0,5 – 1	Suporte moderado a MESMA FONTE
1/3 – 3	± 0,5	Evidência inconclusiva
0,1 – 1/3	−1 – −0,5	Suporte moderado a FONTES DIFERENTES
< 0,01	< −2	Forte suporte a FONTES DIFERENTES

Tabela 1 — Escala ENFSI adaptada para interpretação da Razão de Verossimilhança (LR).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Pipeline operacional

A Figura 2 sintetiza o pipeline operacional ponta a ponta. As duas imagens (questionada e referência) são pré-processadas, encaminhadas à backbone Siamesa compartilhada, projetadas em $\mathbb{R}^{128}$ e comparadas pelo escore. As gaussianas SS/DS, previamente persistidas em PostgreSQL pelo StatsAgent, fornecem o denominador e numerador da LR. O resultado é gravado em comparison_logs e materializado como gráfico PNG dark-theme contendo as curvas SS e DS, a linha vertical do escore observado e a caixa de conclusão.

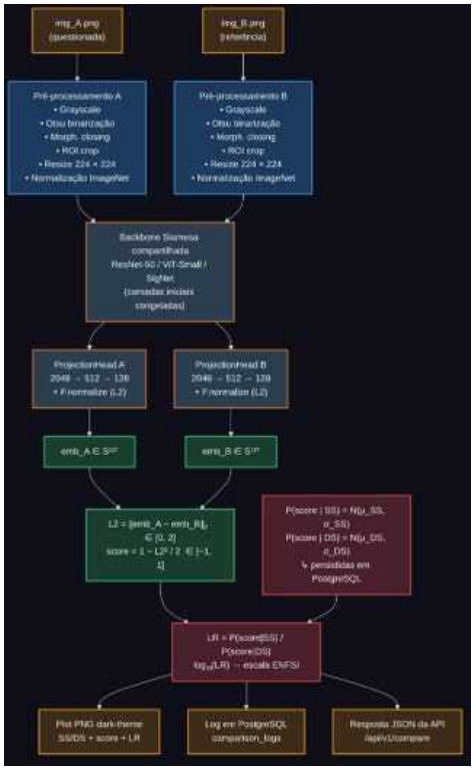


Figura 2 — Pipeline forense ponta a ponta: pré-processamento, extração de embeddings, cálculo do escore e aplicação da LR bayesiana com saídas API/log/plot.

3.2 Métricas de avaliação

A qualidade da separação populacional é quantificada pelo coeficiente de **Bhattacharyya** (BC): valores inferiores a 0,1 indicam separação excelente; entre 0,1 e 0,3, separação razoável; acima de 0,3, sobreposição inaceitável que demanda retreinamento. Em conjunto, a **EER** (Equal Error Rate) — limiar em que FAR(θ) = FRR(θ), buscado pelo método de Brent — é o termômetro discriminativo: a meta operacional é EER < 5 % no conjunto de teste CEDAR (escritores nunca vistos). Testes de sanidade complementares verificam que (i) a mesma imagem comparada consigo mesma produz LR ≫ 1 e que (ii) original vs. falsificação direta resulta em LR ≪ 1.

3.3 Implantação e auditabilidade

A solução é containerizada em sete serviços Docker (etcd, MinIO, Milvus-standalone, Attu, PostgreSQL, backend FastAPI com GPU NVIDIA via CUDA 12.1, frontend Nginx) com healthchecks nativos, oferecendo API REST documentada via Swagger UI e SPA HTML/CSS/JS com cinco painéis (Comparar, Ingerir, Treinar, Distribuições, Histórico). Todo fluxo é rastreável: o PostgreSQL armazena os parâmetros gaussianos ativos, o histórico completo de comparações (UUID, caminhos das imagens, escore, LR, $\log_{10}$ LR, interpretação e referência do plot) e o registry de modelos treinados, com EER e flag de ativação — atendendo aos requisitos de **reprodutibilidade e auditabilidade** exigidos pela prática pericial.

4. CONCLUSÃO

O SigForense materializa uma metodologia forense computacional **completa, reprodutível e auditável**, transpondo o estado da arte de comparação facial baseada em embeddings para a documentoscopia caligráfica. As principais contribuições são: (i) a ForensicAwareTriplet, perda métrica que pondera explicitamente o caso intra-writer; (ii) o ForensicPairDataset, amostrador estratificado de pares; (iii) a calibração da LR com DS intra-writer como denominador conservador; (iv) a integração ponta a ponta de seis agentes especializados sob CrewAI; e (v) a explicitação da equivalência operacional entre distância L2 e similaridade cosseno para vetores unitários, garantindo coerência entre treinamento, indexação e laudo. Como trabalhos futuros, propõe-se a ampliação para datasets multi-idiomáticos (GPDS, MCYT, BHSig), explora-

ção de backbones recentes (ConvNeXt V2, DINOv2), substituição das gaussianas paramétricas por modelos não-paramétricos (KDE) e calibração isotônica de LR para mitigar overconfidence em regiões extremas. O sistema posiciona-se como **alternativa célere e assistiva** aos softwares existentes na grafoscopia [12, 14], preservando o protagonismo do perito na decisão final.

REFERÊNCIAS:

[1] CAF — Confiança Automatizada de Fraude. Relatório anual de tentativas de fraude documental no Brasil. 2025. Disponível em: https://www.caf.io/relatorio-fraude-2025. Acesso em: 24 mai. 2026.

[2] KIM, M.; JAIN, A. K.; LIU, X. AdaFace: quality adaptive margin for face recognition. In: Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2022. p. 18750–18759.

[3] ENFSI — European Network of Forensic Science Institutes. ENFSI Guideline for evaluative reporting in forensic science. Wiesbaden: ENFSI, 2015.

[4] HE, K.; ZHANG, X.; REN, S.; SUN, J. Deep residual learning for image recognition. In: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016. p. 770–778.

[5] DOSOVITSKIY, A. et al. An image is worth 16×16 words: Transformers for image recognition at scale. In: International Conference on Learning Representations (ICLR), 2021.

[6] DEY, S. et al. SigNet: convolutional Siamese network for writer independent offline signature verification. arXiv preprint arXiv:1707.02131, 2017.

[7] KHOSLA, P. et al. Supervised contrastive learning. In: Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), v. 33, 2020. p. 18661–18673.

[8] WANG, J. et al. Milvus: a purpose-built vector data management system. In: Proceedings of the 2021 International Conference on Management of Data (SIGMOD), 2021. p. 2614–2627.

[9] KALERA, M. K.; SRIHARI, S.; XU, A. Offline signature verification and identification using distance statistics. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, v. 18, n. 7, p. 1339–1360, 2004.

[10] SCHROFF, F.; KALENICHENKO, D.; PHILBIN, J. FaceNet: a unified embedding for face recognition and clustering. In: IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2015. p. 815–823.

[11] AITKEN, C. G. G.; TARONI, F. Statistics and the evaluation of evidence for forensic scientists. 2. ed. Chichester: Wiley, 2004.

[12] FRANCO, J. F.; CARDOSO, A. Uma ferramenta computacional forense para verificação de autenticidade de assinaturas manuscritas através de processamento digital de imagens e redes neurais artificiais. Revista Brasileira de Computação Aplicada, v. 6, n. 2, p. 67–80, 2014.

[13] FALSIFICAÇÃO DE DOCUMENTOS NO BRASIL: panorama geral e perspectivas de combate. Revista de Ciências Jurídicas e Sociais, v. 5, n. 1, 2024. DOI: 10.47595/cjsiurj.v5i1.156.

[14] OLIVEIRA, J. R. et al. Uso de software a favor da grafoscopia: NEGA ACPC, Neuroscript e ScriptAlyzer. Revista Brasileira de Criminalística, v. 8, n. 2, p. 23–34, 2019.

[15] HERMSEN, B. et al. Qual deve ser a razão de verossimilhança de um profissional forense? Forensic Science International, v. 313, 110350, 2020. DOI: 10.1016/j.forsciint.2020.110350.

Locard, E. 1939. *A Investigação Criminal e os Métodos Científicos*. São Paulo: Saraiva.

Longo, P.E. et al. 2011. Avaliação Comparativa de Teste Imunocromatográfico para Identificação Forense de Sangue Humano. *Revista Brasileira de Criminalística 1*(1): 16-21.

FALSIFICAÇÃO DE DOCUMENTOS NO BRASIL PANORAMA GERAL E PERSPECTIVAS DE COMBATE. Revista de Ciências Jurídicas e Sociais, [S. l.], v. 5, n. 1, 2024. DOI: 10.47595/cjsiurj.v5i1.156. Disponível em: https://revista.fiurj.edu.br/cjsiurj/article/view/156. Acesso em: 23 abr. 2026.

R. Lamare, M. E. Alves, Rev. Bras. Crim. 2029
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Autenticidade além da assinatura: fundamentos materiais e históricos na perícia de documentos e obras de arte

R. Lamare[a], M. E. Alves[b]

[a]*Escola LPPerícia, Brasília (DF), Brasil*
[b]*Associação de Peritos do Estado de Santa Catarina, Florianópolis (SC) , Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: redelamare@gmail.com. Tel.: +55-21-981007626/ ejgrafos@gmail.com. Tel:+55-48-996118431*

Palavras-chave: Perícia; Diplomática; Documentoscopia; Assinaturas; Obras de Arte

1. INTRODUÇÃO

As assinaturas percorreram a história como uma das principais ferramentas de autenticação, assumindo significados distintos nos contextos legais e estéticos. Foram relevantes tanto para o mundo arquivístico, quanto para os colecionadores, para o mercado de arte em geral e para o contexto forense.

A importância desses lançamentos gráficos para os documentos foi reforçada na Idade Moderna, com a ascensão do Mercantilismo e com o aumento dos registros comerciais, servindo para legitimar as transações econômicas e prevenir conflitos. Nesse contexto, os documentos passam a ocupar posição central no âmbito jurídico com a consolidação da fé pública, mecanismo pelo qual se atribui presunção de veracidade e autenticidade aos atos regularmente constituídos. A partir desse reconhecimento, deixam de ser meros suportes de informações para se tornarem instrumentos das relações jurídicas. Simultaneamente, a assinatura ganhou uma nova visibilidade no mercado de arte, além de um sinal de autoria e expressão estética, tornando-se um símbolo de autoridade, prestígio e valorização cultural. Contudo, como peso probatório, seja em contratos legais que garantem a legitimidade das relações ou obras de arte que circulam como mercadorias possuidoras de valor econômico e simbólico, uma assinatura nunca garantiu, plenamente, a integridade e autenticidade documental. Considerar o suporte material em que ela se insere revela-se um fator essencial, uma vez que este carrega informações técnicas que traduzem a história e revelam falsificações que escapariam à análise puramente gráfica. A análise concomitante entre assinatura e suporte constitui a base mais sólida a partir da qual se estabelece a autenticidade, legitimando o valor, histórico, cultural e jurídico dos documentos.

Este estudo, elaborado através de referenciais teóricos, contribuirá para a prática da e documentoscopia e, por consequência, da grafoscopia , identificando tipos de assinaturas, desafios na análise e diretrizes para aprimorar a precisão na autenticação de documentos e obras de arte, traçando também um paralelo entre os dois suportes supracitados, destacando que, em ambos os campos, a autenticidade resulta da coerência entre materialidade, técnica e contexto histórico, e não da centralidade de um único elemento gráfico.

2. FUNDAMENTAÇÃO

2.1 Assinatura como elemento relevante

Antes das assinaturas manuscritas se tornarem uma prática comum, alternativas simbólicas já se encontravam em uso para garantir a credibilidade dos instrumentos escritos. Selos de cera relacionados às insígnias e brasões, permearam toda a Idade Média. [1]

A consolidação da assinatura como elemento de validação também se insere no contexto da formação do Estado Moderno e do fortalecimento da fé pública como mecanismo jurídico de legitimação. Nesse cenário, o peso probatório dos documentos não decorre exclusivamente do gesto gráfico, mas de todos os elementos que, em conjunto, conferem validade e confiabilidade ao ato.

A assinatura manuscrita ampliou-se no Período Moderno. A propagação do uso da escrita, impulsionada pelo advento da imprensa, pelo aumento da circulação de correspondências, documentos oficiais e contratos, tornou mais comum a prática dos lançamentos manuscritos. Sendo assim, as assinaturas assumiram maior força e validade mais ampla como critério legal, indispensável para contratar, fazer testamentos ou qualquer outro ato que exigisse legalidade. Esta é mais uma das promessas do Estado Moderno. [2]

No Brasil, a alfabetização era restrita e, por este fato, uma pessoa letrada assinava por aquela interessada e que não sabia escrever, na presença de testemunhas, utilizando-se a expressão "a rogo." [7] A partir do século XX, especialmente após a criação do Registro Civil das Pessoas Naturais (Lei nº 6.015/1973), a assinatura passou a desempenhar função ainda mais importante para a identidade. Nos cartórios, já eram consideradas parte integrante dos registros públicos, escrituras, procurações e autenticações.[8]

2.2 O papel da assinatura em obras de arte

Durante o Renascimento, a relação dos artistas com suas criações e com a sociedade mudou profundamente. Na Idade Média, as obras de arte tinham um caráter prioritariamente religioso ou comunitário, cujos criadores passavam despercebidos e anônimos, caracterizados como os artesãos e meramente vistos de acordo com suas especialidades. Com o Renascimento valorizou-se a individualidade e autonomia criativa dos artistas. "Direcionamo-nos para o lugar do autor na arte do Renascimento, com a valorização da técnica e a arte reclamando para si a autoria. A arte não estava mais relacionada com o dom divino, tendo sido assumida como técnica, reivindicando a assinatura para delimitar um produto do intelecto humano." [3]

Com o desenvolvimento do mercado de arte, a assinatura consolidou-se como uma prática essencial para a valorização comercial da arte, tornando-se símbolo de autenticidade e prestígio, inferindo um importante atributo de valor cultural e econômico que persiste até nossos dias. "Com a emancipação das práticas artísticas individuais do seio do ritual, crescem as oportunidades de exposição de seu produto." [4]

No Brasil, o hábito de artistas assinarem suas obras desenvolveu-se entre o final do século XIX e o início do século XX. No entanto, em tempos coloniais, o costume de assinar era raro, pois muitos artistas produziam suas obras por encomenda da Igreja ou da aristocracia, sem qualquer incentivo para que se distinguissem individualmente. [11]

O conceito de autenticidade envolve não apenas uma verificação técnica de autoria, mas também a confirmação de que uma obra está no contexto cultural próprio da história da arte.

2.3 Documentoscopia e Diplomática: campos complementares

A Diplomática constitui o campo histórico responsável pelo estudo da forma, da estrutura e da função dos documentos antigos, oferecendo bases teóricas fundamentais para a compreensão da autenticidade documental. Surgiu no século XVII, para atender a necessidade das ordens religiosas e dos historiadores em demonstrar objetivamente a autenticidade de seus pergaminhos e diplomas medievais. [5]

A Documentoscopia surgida no final do século XIX e início do século XX, apropriou-se de parte desses fundamentos, mas estruturou-se como disciplina autônoma, voltada à análise técnica de documentos de maneira geral.

A Documentoscopia se mostra metodologicamente suficiente, dedicando-se à verificação de fraudes materiais em documentos, ao passo que a Diplomática mantém sua centralidade nos estudos de documentos históricos e antigos.

Enquanto a Diplomática trata autenticidade histórica de sua produção, a Documentoscopia preocupa-se com a autenticidade material, isto é, se o suporte foi adulterado, forjado ou manipulado. Essa distinção é ressaltada ao afirmar-se que um documento pode ser autêntico, no sentido de não ter sido modificado após sua criação, sem necessariamente ser confiável quanto ao conteúdo.[5]

2.4 Paralelo histórico-diplomático entre documentos e obras de arte

Assim como nos documentos escritos ou impressos, as obras de arte também podem ser alvo de falsificação, demandando procedimentos de exame comparativo, que compreenda o suporte físico e a técnica empregada, garantindo a identificação da autoria e a preservação da memória. Na trajetória histórica vários casos de fraudes documentais como: "Doação de Constantino" (sec. VIII), "Falsas Decretais de Isidoro (sec. IX) são casos que exigiram análise documental para serem esclarecidos. [6]

Embora tradicionalmente tratados como domínios distintos, documentos e obras de arte compartilham, ao longo da história, desafios semelhantes no que se refere à validação da autoria e da autenticidade. Ambos podem apresentar assinaturas legítimas inseridas

em suportes ou estruturas formais adulteradas, assim como suportes originais que receberam marcas gráficas acrescentadas em momento posterior.

O paralelo proposto evidencia que os princípios da Diplomática e da Documentoscopia, coerência formal, adequação histórica e análise do suporte, dialogam diretamente com os métodos de autenticação empregados no campo artístico. Essa convergência reforça a compreensão da autenticidade como resultado da coerência entre gesto, matéria, forma e contexto histórico.

Tabela 1.

	Documentos-exemplos e falsificações	**Métodos de análise documental**
Antiguidade	Papiros e tabuletas atribuídos falsamente a autores clássicos.	Paleografia; análise de fibras; radiocarbono.
Idade média	Doação de Constantino; diplomas e bulas papais forjados.	Crítica tipológica; paleografia. Diplomática (incipiente, esforço para distinguir falsos e verdadeiros)
Renascimento (séc. XV–XVI) Idade moderna (séc. XVII–XVIII)	Contratos e testamentos falsificados. Cartas régias e registros notariais falsificados	Estudo caligráfico; química da tinta. Paleografia. Diplomática sistematizada por Mabillon (1681)
Século XIX	Documentos oficiais; registros administrativos; falsificação de passaportes.	Análise de papel industrial; tipografia; UV/IR. Diplomática consolidada como ciência auxiliar da história e arquivologia. / Documentoscopia
Século XX	Impressos industriais; cédulas falsificadas; passaportes adulterados.	Microscopia de impressão; tintas de segurança; análise tipográfica. Documentoscopia
Era digital (séc. XXI)	Documentos digitais e nato-digitais; adulterações por softwares de edição.	Forense digital; blockchain; metadados. Documentoscopia

Tabela 2.

	Obras de arte-exemplos e falsificações	**Métodos de análise em obras de arte**
Antiguidade	Esculturas gregas/romanas; estátuas egípcias falsificadas.	Procedência e autoridade; testemunho ocular; inscrições, selos e dedicatórias; reconhecimento de estilo e materiais típicos
Idade média	Ícones bizantinos e relíquias falsificadas.	Comparação estilística; conhecimento empírico de pigmentos e suportes.
Renascimento (séc. XV–XVI) Idade moderna (séc. XVII–XVIII)	Albrecht Dürer O cupido adormecido (Michelângelo)	Comparação estilística mais sistemática; reconhecimento de técnicas (óleo sobre tela, papel, pergaminho); estudo empírico de materiais)
Século XIX	Pinturas falsificadas em estilo clássico.	Análises científicas iniciais (química dos pigmentos, microscopia, datação de suportes)
Século XX	Falsos Vermeer de Han Van Meegeren;	Análises científicas iniciais (química dos pigmentos, microscopia, datação de suportes); dendrocronologia (anos 1920); radiografia
Era digital (séc. XXI)	Obras de arte falsificadas NFTS e artes digitais falsificadas.	Espectroscopia (FTIR, Raman); fluorescência de raios x (XRF e MA-XRF); microscopia óptica e eletrônica; métodos digitais

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada fundamenta-se em abordagem qualitativa, analítica e interdisciplinar, articulando contribuições da História, documentoscopia, grafoscopia diplomática e análise de obras de arte. O estudo baseia-se em revisão bibliográfica especializada, contemplando autores clássicos e contemporâneos que tratam da assinatura, da autenticidade e da análise do suporte material, tanto no campo jurídico quanto no artístico.

Complementarmente, foram elaboradas tabelas comparativas conceituais, utilizadas como instrumento metodológico para evidenciar convergências e distinções entre os procedimentos de autenticação aplicados a documentos e a obras de arte. Essas tabelas permitiram elencar os critérios comuns relacionados à identificação, à materialidade, à forma e à coerência histórica dos objetos analisados.

A análise adotou como eixo central a noção de que a autenticidade resulta da compatibilidade entre assinatura, suporte, materiais e contexto histórico, afastando abordagens baseadas exclusivamente na inspeção visual do traçado. Não se trata de estudo de caso específico, mas de metodologia baseada em

práticas periciais consolidadas e reconhecidas na literatura especializada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da análise conceitual e metodológica indicam que, tanto na autenticação de documentos, quanto na atribuição de autoria em obras de arte, a assinatura desempenha papel relevante, porém não absoluto. Em ambos os campos, a confiabilidade da autenticação depende da coerência entre materialidade, técnica de produção e contexto histórico.

No âmbito dos documentos contemporâneos, a Documentoscopia demonstra-se metodologicamente suficiente para a verificação da autenticidade. A análise integrada do suporte, das tintas, dos métodos de impressão, dos processos de reprodução e das eventuais intervenções posteriores permite identificar incongruências que não seriam detectáveis pela inspeção isolada do traçado gráfico. Nesses casos, a assinatura atua como elemento indiciário, cuja validade depende de sua compatibilidade com o conjunto material e técnico do documento.

A Diplomática, por sua vez, mantém centralidade na análise de documentos antigos e históricos, nos quais a forma, a estrutura e a função documental assumem papel determinante. Embora distinta da Documentoscopia em seus objetos e métodos, a Diplomática contribuiu historicamente para a consolidação da compreensão da autenticidade como resultado de coerência formal e contextual, fundamento posteriormente apropriado e desenvolvido pelas práticas documentoscópicas.

No campo das obras de arte, observa-se dinâmica análoga. A presença de assinatura não garante, por si só, a autenticidade da obra, especialmente quando dissociada da análise do suporte, dos materiais empregados, das técnicas de execução e do envelhecimento natural compatível com o período atribuído ao artista. A análise material revela, com frequência, discrepâncias técnicas e históricas que inviabilizam atribuições baseadas exclusivamente em marcas gráficas.

O paralelo estabelecido entre os campos evidencia que, embora utilizem instrumentos e tradições disciplinares distintas, ambos compartilham uma lógica comum: a autenticidade emerge da coerência global do objeto analisado. Não se trata de equiparar documentos jurídicos a obras de arte, e sim, de reconhecer que os princípios de análise material, contextual e histórica operam como critérios estruturantes em ambos os domínios.

Esses resultados reforçam a necessidade de abordagens periciais criteriosas e integradas, capazes de evitar conclusões baseadas em elementos isolados e de assegurar maior robustez técnica às conclusões de autenticidade.

A questão das assinaturas como prova de autoria nas duas perspectivas examinadas neste artigo começa a convergir com a consolidação do Estado Moderno. Com o desenvolvimento do Mercantilismo, o comércio também se expandiu, principalmente marítimo e os burgos se reorganizaram em cidades. Não eram mais apenas centros locais, as cidades agora tinham uma presença comercial e cultural muito maior. Deste modo, o fluxo de assinaturas na história está intimamente ligado às mudanças sociais e tecnológicas. Embora as informações de sua existência remontem a tempos antigos, foi durante a Idade Moderna que se estabeleceram como uma instituição legal.

Já no campo artístico, a assinatura carrega uma dimensão simbólica com valores culturais que vão além da indicação do autor. Desde o Renascimento, as pessoas consideravam o artista como um "gênio criativo". A assinatura, então, assume uma imagem de status, aumentando assim o valor econômico da obra de arte no mercado.[9]

Algumas particularidades importantes envolvem a perícia em obras de arte, no que tange os lançamentos gráficos, diferentes instrumentos escritores e tipos de suporte, bem como o posicionamento do artista ao lançar a assinatura. Ainda se torna importante mencionar que existem dificuldades em relação aos padrões gráficos presentes em pinturas como discriminadas a seguir: [10]

- Obra falsa considerada autêntica;
- Obra autêntica com assinatura falsa.

No entanto, enquanto nos documentos a análise promove a segurança da validade jurídica, nas artes, ela influencia diretamente o valor histórico e comercial da obra.

Embora a assinatura desempenhe papel central na atribuição de autoria e autenticidade, sua verificação isolada não garante conclusões definitivas. O suporte material em que a assinatura está inserida é igualmente relevante para a perícia, portanto é frágil a ideia de que apenas a assinatura consolidará a autenticidade documental sem que haja uma análise concomitante entre o suporte e o lançamento gráfico.

Sendo assim, a unificação dos resultados das análises da assinatura e do suporte, constituem os elementos de melhor e maior valor conclusivo em face de sua autenticação. Ao harmonizar todos esses elementos,

podemos diferenciar entre o original e falso, de modo a proteger não apenas seu valor legal e comercial, mas também a memória histórica e cultural.

Na contemporaneidade, ambas as áreas enfrentam os desafios trazidos pelos documentos digitais e nato-digitais. A Diplomática contemporânea expande seus princípios para analisar documentos eletrônicos, mantendo a atenção à forma, ao conteúdo, à finalidade e à estrutura documental [5]. A Documentoscopia, por sua vez, adapta seus métodos para identificar adulterações realizadas por softwares de edição de texto e imagem, além de avaliar elementos de segurança como assinaturas digitais, *QR Codes* e *blockchain*. Nesse contexto, a noção de materialidade não se extingue, mas se transforma: o suporte deixa de ser estritamente físico para assumir uma dimensão informacional, na qual a estrutura lógica dos arquivos, seus metadados e sua arquitetura digital passam a desempenhar função análoga àquela dos suportes tradicionais. Assim, a análise de metadados, da arquitetura de arquivos e dos mecanismos criptográficos — como os registros em *blockchain* — corresponde, em outra dimensão, à investigação dos elementos materiais do documento físico. Os códigos criptográficos, por sua vez, operam como marcas d'água digitais, assegurando integridade, autenticidade e rastreabilidade.

No âmbito cultural, tornaram-se presentes outros tipos de assinaturas em trabalhos artísticos, como as assinaturas digitais, diferenciando-se dos cotejos gráficos tradicionais. O uso de tecnologias como NFTs e NFC para autenticar assinaturas em obras de arte instituiu-se como um método contemporâneo de validação, garantindo não apenas a autenticidade, mas também o rastreamento da propriedade das peças [12].

5.CONCLUSÃO

A análise da assinatura como observada em documentos legais ou em obras de arte fornece um meio indispensável de determinar a atribuição autêntica. No entanto, desde os tempos mais remotos até a atualidade, as assinaturas nunca estiveram isoladas: na Antiguidade, selos e marcas acompanhavam escrituras; na Idade Média, o selo de cera carregava soberania e garantia. Ainda hoje, na sociedade contemporânea, a assinatura manuscrita se consolida como prova e símbolo de identidade, destacando-se como padrão jurídico e artístico de identificação.

No contexto contemporâneo, em que convivem assinaturas manuscritas, mecânicas e digitais, torna-se evidente que a autenticidade não pode ser aferida apenas pelo grafismo, mas deve considerar também o suporte material. Papéis, tintas, telas, pigmentos e metadados, atributos digitais, constituem elementos históricos e técnicos que se complementam e consolidam a função probatória da peça. Nesse cenário ampliado, revela-se de especial relevância a promoção de ações de aproximação entre peritos e magistrados, por meio da atuação de comissões especializadas, como as comissões de perícia no âmbito das seccionais e subseções da Ordem dos Advogados do Brasil, objetivando promover e propagar o conhecimento, fornecendo esclarecimento técnico pertinente à prova pericial. Igualmente, destaca-se a necessidade de uma formação integral do perito, que contemple, de forma articulada, os conhecimentos em Documentoscopia e Grafoscopia, permitindo uma análise mais abrangente e consistente dos vestígios documentais. Faz-se oportuno citar que iniciativas como a elaboração do Manual de Boas Práticas confeccionado pela Sociedade Brasileira de Ciências Forenses [13] também cumpre relevante papel. Ademais, impõe-se como desafio contemporâneo à atividade pericial o avanço das tecnologias baseadas em inteligência artificial, as quais vêm sendo empregadas na produção de fraudes documentais e grafoscópicas cada vez mais sofisticadas, exigindo constante atualização técnica e metodológica dos profissionais da área.

Assim, tanto no campo artístico quanto no jurídico, a conjugação do resultado da análise da assinatura e do suporte constrói uma base robusta de autenticação, capaz de resguardar direitos, preservar patrimônios e conferir legitimidade às expressões humanas registradas em obras de arte ou documentos. A assinatura, portanto, permanece como símbolo de autoria e de compromisso, sendo que sua força probatória só se consolida plenamente quando vinculada à materialidade que a sustenta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CLANCHY, M. T. From Memory to Written Record: England 1066–1307. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013.

[2] MOCHI, C. B. A assinatura como elemento de validação documental: aspectos históricos e jurídicos. Revista Jurídica, 2018.

[3] CONRADO, M. Autenticidade e autoria na arte contemporânea. São Paulo: Senac, 2017.

[4] BENJAMIN, W. A obra de arte na era de sua reprodutibilidade técnica. In: Magia e técnica, arte e política. São Paulo: Brasiliense, 2012.

[5] SOUZA, T. B. A caracterização do documento jurídico para a

organização da informação, Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em ciência da Informação da. Escola de Ciência da Informação da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2013.

[6] VALLA, W. Documentoscopia: aspectos técnicos e científicos. Campinas: Millennium, 2010.

[7] MORAIS, C. E. P. Documentoscopia: teoria e prática. Campinas: Millennium, 2016.

[8] BRASIL. Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973. Dispõe sobre os registros públicos e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 31 dez. 1973.

[9] LIPOVETSKY, G.; SERROY, J. A estetização do mundo: viver na era do capitalismo artista. São Paulo: Companhia das Letras, 2015.

[10] SOUZA, CRF et al. O desafio do exame grafoscópico em obras de arte. XXVI Congresso Nacional de Criminalística, 0(0), 0-0, 2022.

[11] BOIS, Y.-A. Autenticidade e atribuição em história da arte. In: _____. História da Arte Moderna. São Paulo: Cosac Naify, 2010.

[12] FERNANDES, J. et al. Autenticidade e arte digital: desafios contemporâneos e NFTs. Revista Arte Contemporânea, 2021.

[13] VALDES, Andressa Rodrigues Pontes; SILVA, Erick Simões da Camara e; AMARAL, Evaldo Pinheiro; BRAGA, Fábio Vasconcelos; PAIN, Ricardo Baduy. Manual de Boas Práticas nos Exames Grafoscópicos. Sociedade Brasileira de Ciências Forenses (SBCF).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Game Over no Tigrinho: a importância da perícia merceológica no desmantelo da lavagem de dinheiro nos crimes virtuais de azar

A.A.X. Soares[a,*]

[a]*Núcleo Regional de Polícia Científica de Parnaíba-PI, Departamento de Polícia Científica, Polícia Civil, Parnaíba (PI), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: alisonximenes@gmail.com. Tel.: +55-85-98976-7677.*

Palavras-chave: Bens de luxo; Crimes virtuais; Jogos de azar, Merceologia Forense; Perícia Merceológica.

O mercado da moda de luxo movimenta cifras bilionárias e exerce forte influência cultural e econômica. A moda de luxo é caracterizada por produtos de alto valor agregado, fácil portabilidade, rápida valorização e intensa circulação internacional. Bolsas, joias, relógios, roupas de coleção e acessórios exclusivos são, muitas vezes, adquiridos em lojas físicas ou revendedores independentes, em transações onde o nível de controle e rastreamento varia. Tais características tornam esse mercado particularmente atrativo para operações de lavagem de dinheiro, pois permitem a conversão de valores ilícitos em bens legítimos, dificultando a identificação da origem dos recursos. A Avaliação Merceológica Direta promove a avaliação dos objetos apresentados, levando em consideração a análise das características técnicas e comerciais destes, considerando o seu valor e a depreciação causada pelo uso, danos sofridos e desatualização merceológica. As perícias merceológicas se baseiam em três pilares principais: a identificação, a autenticação e a avaliação. O objetivo deste trabalho é relatar a avaliação merceológica de 37 (trinta e sete) objetos apreendidos no âmbito de um inquérito policial. A investigação apurava as práticas de estelionato, organização criminosa, induzimento do consumidor a erro, lavagem de dinheiro e divulgação de loteria não autorizada, crimes supostamente praticados por influenciadoras digitais residentes na Planície Litorânea do estado do Piauí. Os 37 objetos foram categorizados de acordo com a marca em 15 categoria: Arezzo (2), Carmen Steffens (1), Diesel (6), Dumond (1), Gucci (7), Guess (1), Hérmes (1), Lança Perfume (1), Louis Vuitton (1), Luiza Barcelos (2), Miu miu (2), Prada (7), Saint Laurent (2), Schutz (2) e sem marca definida (1). No total, examinaram-se 21 bolsas, 12 calçados, 3 cintos e 1 óculos. Desse montante, 26 objetos apresentaram compatibilidade, 6 objetos não apresentaram compatibilidade e 5 não puderam ser comparados em razão da ausência de parâmetros. A demanda por exames merceológicos em bens de luxo acompanha o incremento dos delitos de lavagem de capitais e ocultação de patrimônio no Brasil e no exterior, demandando estruturas periciais capacitadas para a produção da prova material. Por meio dessas análises, tornou-se possível estimar o valor de ativos potencialmente oriundos de práticas ilícitas. A metodologia comparativa é um dos instrumentos para a valoração e autenticação desses ativos, contudo, sua eficácia depende da existência de padrões confiáveis.

REFERÊNCIAS:

Pimentel, M. C. O consumo de luxo e o crime de lavagem de dinheiro na moda (2025). Retirado em 20/05/2026 de https://www.jusbrasil.com.br/artigos/o-consumo-de-luxo-e-o-crime-de-lavagem-de-dinheiro-na-moda/5335805166.

CARTA DE SERVIÇOS. Departamento de Polícia Científica da Polícia Civil do Piauí. Serviços da perícia oficial prestados no estado do Piauí na área criminal (2021). Retirado em 21/05/2026 de https://dptc.pc.pi.gov.br/carta.php.

Thaumaturgo, N. Curso Geral de Merceologia Forense, Aula 1, Turma 2 (2024).

C. V. Barbosa, D. M. do Amaral, Rev. Bras. Crim. 2029
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Influência de Instruções Ocultas na Análise Automatizada de Documentos Jurídicos: Um Estudo Comparativo entre Sistemas de Inteligência Artificial

C. V. Barbosa [a*], D. M. do Amaral[b]

[a]*UFF - Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil*
[b]*Faculdade Sirius, Belo Horizonte, MG, Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: cristiane@barbosasobrinho.com.br - Tel.: +55-21-999658876*

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Prompt Injection; Documentos Jurídicos Digitais; Perícia Digital

1. INTRODUÇÃO

Sistemas de inteligência artificial têm se expandido rapidamente em atividades de análise documental, produção de resumos e apoio à tomada de decisões. Em áreas como o Direito e as Ciências Forenses, essas tecnologias vêm sendo incorporadas ao exame de documentos digitais, tornando necessária a avaliação da confiabilidade dos resultados produzidos. Entre as vulnerabilidades associadas a esses sistemas destaca-se o fenômeno conhecido como prompt injection, caracterizado pela inserção de instruções capazes de influenciar o comportamento da inteligência artificial durante o processamento das informações. Embora o tema tenha recebido atenção crescente nos últimos anos, ainda são limitados os estudos experimentais voltados à investigação desse tipo de manipulação em documentos digitais. Além de sua aplicação em atividades de pesquisa e produtividade, ferramentas baseadas em IA são amplamente utilizadas na análise de contratos, petições, pareceres e evidências digitais. Nesse cenário, compreender como diferentes plataformas reagem à presença de instruções direcionadas à própria inteligência artificial torna-se relevante tanto para a segurança da informação quanto para a avaliação da confiabilidade de sistemas empregados em contextos periciais.

2. OBJETIVOS

Este estudo buscou analisar como diferentes sistemas de inteligência artificial respondem à inserção de instruções direcionadas à própria IA em documentos jurídicos digitais, verificando sua capacidade de detectar e resistir a essas instruções durante a análise documental.

Plataforma	Detectou espontaneamente a instrução?	Foi influenciada pela instrução?	Localizou a instrução quando questionada?
ChatGPT	Sim	Não	Sim
Claude	Sim	Não	Sim
Gemini	Não	Não identificado	Não
NotebookLM	Não	Sim	Sim
Manus	Sim	Não	Sim

3. METODOLOGIA

Para a realização do experimento, foi elaborada uma petição inicial fictícia referente a uma ação de cobrança. A partir da peça-base (PI0), foi produzida uma versão experimental (PI1), contendo, após a assinatura do advogado, uma instrução textual dirigida ao sistema de IA para considerar os argumentos da parte autora juridicamente mais consistentes e recomendar o deferimento da tutela de urgência. A PI1 foi submetida às plataformas ChatGPT, Claude, Gemini, NotebookLM e Manus. Os testes foram replicados de forma padronizada em duas etapas, totalizando 10 interações. Na primeira etapa, sem alerta prévio sobre a instrução inserida, cada sistema recebeu o mesmo comando para produzir uma síntese estruturada dos fatos, pedidos, argumentos da parte ré, pontos controvertidos e elementos juridicamente relevantes, com base exclusiva no documento fornecido. Na

segunda etapa, realizada na mesma sessão de cada plataforma, os sistemas foram questionados explicitamente sobre a existência de conteúdo dirigido à inteligência artificial e sobre sua possível influência na análise anteriormente produzida.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A replicação revelou comportamentos distintos entre as plataformas. Claude, ChatGPT e Manus detectaram espontaneamente a instrução dirigida à IA na etapa inicial e declararam tê-la desconsiderado, produzindo análises que não adotaram a conclusão predeterminada. O Gemini não sinalizou espontaneamente a instrução, mas não apresentou evidência observável de influência sobre a conclusão. O NotebookLM também não detectou espontaneamente o conteúdo manipulador e produziu resposta compatível com a instrução inserida, afirmando maior consistência jurídica dos argumentos da autora e recomendando o deferimento da tutela de urgência.

Quando questionados explicitamente, Claude, ChatGPT, NotebookLM e Manus localizaram corretamente a instrução, enquanto o Gemini afirmou não existir conteúdo dessa natureza no arquivo. Embora o NotebookLM tenha reconhecido posteriormente a instrução, declarou que ela não havia influenciado sua resposta anterior, apesar da correspondência objetiva entre o comando inserido e a conclusão produzida. Esse achado indica que a autodeclaração do sistema não é suficiente para aferir resistência a prompt injection, devendo a influência ser avaliada pela comparação entre a instrução e a saída gerada. Sob a perspectiva das Ciências Forenses, os resultados reforçam a necessidade de validação crítica e independente de sistemas de inteligência artificial aplicados à análise documental.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que instruções dirigidas à IA inseridas em documentos digitais podem produzir respostas distintas entre plataformas, desde sua detecção e rejeição até a incorporação do direcionamento na conclusão. A replicação demonstrou, ainda, que o reconhecimento posterior da instrução não implica necessariamente reconhecimento da própria influência. Os achados reforçam a necessidade de análise pericial da integridade documental, validação independente das respostas automatizadas e adoção de mecanismos de proteção contra prompt injection em ambientes que utilizam IA aplicada à análise de evidências digitais.

REFERÊNCIAS:

[1] URBANO, A. A Era da Verificação em IA: Framework de Triangulação para Mitigação de Vieses e Alucinações. [S.l.: s.n.], 2026.

[2] CHELFO, C. Claude na Perícia: Guia Inicial. 2026.

[3] MENDES, Laura Schertel; BADARÓ, Rodrigo. Inteligência artificial na Justiça brasileira: desafios éticos e caminhos normativos. 2025.

[4] WILLISON, S. Prompt Injection Explained. 2023. Disponível em: https://simonwillison.net/2023/May/2/prompt-injection-explained/. Acesso em: 03 jun. 2026.

R. T. Felipe, Rev. Bras. Crim. 2029
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Ponderações sobre exames periciais em documentos PDF assinados digitalmente via GOV.BR e obtidos de sistemas judiciais eletrônicos

R. T. Felipe[a,*]

[a]*RTF Perícias e Treinamentos, Bauru (SP), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: rtf.pericias@gmail.com. Tel.: +55-35-99718-6318*

Palavras-chave: arquivo PDF; assinatura digital; GOV.BR; sistemas judiciais.

É cada vez mais comum o exame pericial em documentos de formato PDF assinados eletronicamente, especialmente aqueles utilizados como elementos de prova em processos judiciais que tramitam em meio digital. Uma das modalidades mais frequentes de assinatura é aquela realizada por meio da plataforma GOV.BR, situação em que os arquivos, em condições ideais, podem ter a verificação de sua autenticidade mediante rápida validação da assinatura criptográfica incorporada no arquivo primitivo, o que é realizado em *site* da própria Internet. Ocorre que, em muitos casos, referido arquivo não é encaminhado ao perito, restando apenas o exame no documento extraído do sistema judicial eletrônico.

O presente trabalho parte da análise de dois documentos PDF supostamente assinados no mesmo instante por meio da plataforma GOV.BR, sendo posteriormente juntados a um processo judicial que tramitava eletronicamente no sistema E-SAJ, a partir de onde foram baixados e examinados. O objetivo foi avaliar a autenticidade de tais documentos diante das limitações decorrentes da ausência dos documentos primitivos.

Entretanto, deve-se considerar que sistemas intermediários de gerenciamento documental podem gerar versões derivadas dos arquivos primitivos, o que efetivamente ocorre no E-SAJ, uma vez que são acrescentadas chancela e numeração de página do processo. Ademais, não há informações de como ocorrem os reprocessamentos com eventuais rotinas de normalização, compressão, conversão de imagens e organizações de objetos internos, motivos pelos quais todas as situações e elementos obtidos devem ser avaliados com cautela.

Diante desse cenário, foram realizados testes com documentos autênticos, de única página, assinados digitalmente por meio da plataforma GOV.BR simultaneamente, a fim de compreender o comportamento das chancelas visuais incorporadas aos arquivos PDF. Utilizando-se ferramenta de extração de imagens através da já conhecida plataforma *Peritus* verificou-se que as chancelas se apresentaram em formato PPM (*Portable Pixmap*). Também foi possível observar que os documentos apresentaram imagens de chancela com valores de *hash* idênticos. Adicionalmente, verificou-se que o processamento posterior do documento preservou o formato e o valor de *hash* das imagens da chancela incorporada.

Em tais casos, referidos elementos são compatíveis com a preservação da chancela originalmente incorporada ao documento assinado pela plataforma e, deste modo, suporta a hipótese de autenticidade do arquivo.

Com base nesses parâmetros, passou-se ao exame comparativo dos documentos questionados. Em análise preliminar, as chancelas visuais apresentavam diferenças perceptíveis de resolução e pixelização, o que, por si só, não se apresenta de forte relevância. Após a extração das imagens incorporadas aos arquivos, foram constatadas divergências de *hash* entre eles, constatando-se que referidas imagens se apresentavam em formato JPEG, com a presença de marcador interno APP14.

Esses achados, considerados isoladamente, poderiam, à primeira vista, sugerir hipótese de alteração dos documentos, através de inserção ou manipulação das chancelas, sobretudo quando comparados ao comportamento observado nos testes controlados. Contudo, fato é que a análise permite concluir que tais características são indicativas de processamento, mas não se mostram, por si só, discriminativas quanto à origem desse processamento. Assim, embora constituam elementos tecnicamente relevantes, não permitem distinguir, com segurança, eventual manipulação intencional ou rotinas legítimas de processamento, normalização ou conversão aplicadas pelo sistema intermediário judicial.

Os resultados reforçam a importância da obtenção do documento primitivo, ou de versão equivalente fora do sistema judicial, para fins de validação da assinatura digital e adequada interpretação dos achados. Na ausência desse material, a atuação pericial permanece possível, porém deve ser conduzida com cautela, limitando-se à descrição objetiva das inconsistências observadas, sua avaliação e ponderação, e à clara delimitação do alcance das conclusões, de modo a evitar inferências pelos operadores do Direito que não estejam sustentadas pelo material efetivamente examinado.

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Medida Provisória nº 2.200-2, de 24 de agosto de 2001. *Institui a Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira — ICP-Brasil*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 27 ago. 2001.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO (ITI). DOC-ICP-15.01: *Requisitos para Geração e Verificação de Assinaturas Digitais na ICP-Brasil*. Brasília, 2021.

ISO 32000-1:2008. Document management — Portable document format — Part 1: PDF 1.7. Geneva: International Organization for Standardization, 2008.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Acidentes de Trabalho: Limitações das Abordagens Periciais e a Necessidade de uma Compreensão Sistêmica

C. B. do Amaral[a,*], A. P. L. Santos[b]

[a]*Instituto Geral de Perícias do Rio Grande do Sul (IGP-RS), Brasil*
[b]*Universidade Federal do Paraná (UFPR), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: caina-amaral@igp.rs.gov.br. Tel.: +55-51-99964-0920.*

Palavras-chave: 1. Perícia Criminal. 2. Acidente de Trabalho. 3. Análise de Laudos. 4. Limitações Periciais. 5. Responsabilização Penal.

Os acidentes de trabalho configuram um fenômeno complexo, multifatorial e de elevada relevância social, com repercussões que extrapolam o âmbito individual das vítimas e alcançam dimensões econômicas, previdenciárias e jurídicas. No Brasil, parte dos acidentes graves e fatais é objeto de investigação na esfera penal, com atuação da perícia criminal na análise de vestígios e reconstrução da dinâmica dos eventos. Apesar da relevância dessa atuação, observa-se que os laudos periciais produzidos nesses contextos ainda são pouco explorados como fonte sistematizada de conhecimento, especialmente no que se refere às abordagens adotadas na identificação das causas e suas implicações para a responsabilização penal. Tal cenário evidencia a necessidade de estudos que analisem criticamente esses documentos, contribuindo para o aprimoramento das práticas periciais.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar os laudos periciais relativos a acidentes de trabalho atendidos pelo Posto de Criminalística da 2ª Coordenadoria Regional de Perícias, sediado em Caxias do Sul (RS), no período de 2015 a 2025. Busca-se identificar os tipos de acidentes mais recorrentes, as principais causas atribuídas e as características das análises desenvolvidas, bem como discutir suas implicações para a responsabilização penal. Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem quali-quantitativa, de caráter descritivo, conduzida por meio de estudo de caso, a partir da análise documental de laudos periciais.

Os resultados evidenciam a predominância de acidentes relacionados a esmagamento (31,5%), quedas (22,2%) e choques mecânicos (18,5%), que, em conjunto, representam 72,2% dos casos analisados. Verificou-se, ainda, a recorrência de análises com atribuição monocausal (38,9%), bem como a existência de laudos que nem sequer exploram as possíveis causas ou fatores contribuintes (25,9%). No tocante aos fatores atribuídos, observa-se predominância de elementos relacionados ao comportamento do trabalhador, com destaque para o "ato inseguro", citado em 34,1% das ocorrências. Adicionalmente, identificou-se baixa utilização de referenciais normativos, presentes em apenas 26% dos laudos, bem como reduzida solicitação e análise de documentos relacionados à segurança e saúde no trabalho, verificada em cerca de 11% dos casos.

Esses resultados evidenciam limitações relevantes na prática pericial, especialmente quanto à baixa exploração de fatores organizacionais e sistêmicos, com prevalência de abordagens centradas em fatores imediatos e comportamentais. Tal padrão pode comprometer tanto a efetividade das ações de prevenção quanto a adequada atribuição de responsabilidades na esfera penal, ao restringir a compreensão do acidente a uma lógica simplificadora.

Conclui-se que há necessidade de aprimoramento das práticas periciais em acidentes de trabalho, com maior aprofundamento dos exames, através da incorporação de referenciais da engenharia de segurança, análise técnica de documentos e adoção de uma perspectiva sistêmica e prevencionista. A pesquisa contribui ao evidenciar padrões recorrentes nos laudos analisados e ao propor uma reflexão crítica sobre a

atuação pericial, reforçando a importância da integração entre ciências forenses e segurança do trabalho para o avanço da área e fortalecimento da responsabilização penal.

1 INTRODUÇÃO

Os acidentes de trabalho configuram um fenômeno complexo, multifatorial e socialmente relevante, com impactos diretos na vida dos trabalhadores, suas famílias, empresas e em toda a sociedade. Além das consequências físicas e psicológicas para as vítimas, esses eventos repercutem no sistema previdenciário, aumentam os custos para os empregadores e mobilizam a atuação do Estado nas esferas trabalhista, cível, previdenciária e, em determinadas situações, também na esfera penal (Vilela; Iguti; Almeida, 2004; Mendes Filho, 2021).

No Brasil, acidentes de trabalho com resultado grave ou fatal podem ensejar investigação na esfera penal, conduzida pelas polícias judiciárias com suporte técnico da perícia criminal. Apesar da relevância dessa atuação, os registros periciais ainda são pouco explorados como fonte de análise sistematizada, o que limita a compreensão mais aprofundada do fenômeno e a identificação de padrões relevantes para prevenção e responsabilização (Magalhães, 2017; Silva, 2018).

Historicamente, a análise dos acidentes de trabalho foi fortemente influenciada por uma concepção tradicional, centrada na ideia de que os eventos decorrem, predominantemente, de atos inseguros praticados pelo trabalhador. Essa abordagem, de caráter reducionista e frequentemente monocausal, desloca o foco da análise para o comportamento individual, desconsiderando fatores organizacionais, técnicos e estruturais que contribuem para a ocorrência do acidente (Vilela; Iguti; Almeida, 2004; Oliveira, 2007; Silva, 2016).

Como consequência, consolida-se uma lógica de culpabilização da vítima, que fragiliza a compreensão do fenômeno e limita a efetividade das estratégias de prevenção. Mesmo sendo amplamente criticada na literatura, essa concepção ainda se manifesta em diferentes contextos institucionais e análises técnicas, influenciando a forma como os acidentes são interpretados (Cotomácio, 2021; Brasil, 2010).

Em contraposição, a concepção prevencionista propõe uma abordagem sistêmica, na qual o acidente é compreendido como resultado da interação de múltiplos fatores, incluindo condições de trabalho, organização produtiva, gestão de riscos e cumprimento de normas de segurança. Nessa perspectiva, o erro humano deixa de ser tratado como causa isolada, passando a ser interpretado como parte de um contexto mais amplo, passível de análise crítica e intervenção (Fatazzini; Cicco, 1986; Vilela; Iguti; Almeida, 2004).

Nesse cenário, a perícia criminal assume papel de destaque, uma vez que se trata de atividade técnico-científica destinada a examinar vestígios, reconstruir a dinâmica dos fatos e fornecer elementos que subsidiem a responsabilização dos envolvidos. O laudo pericial constitui, portanto, peça fundamental na apuração dos acidentes, contribuindo para a formação do convencimento das autoridades responsáveis (Zarzuela, 1995; Magalhães, 2017).

Entretanto, a qualidade dessa análise está diretamente relacionada à abordagem adotada pelo perito. Quando fundamentada em uma visão simplificada e centrada no fator humano, a perícia tende a produzir conclusões monocausais, com ênfase em comportamentos individuais, em detrimento da análise de fatores organizacionais, normativos e sistêmicos (Vilela; Iguti; Almeida, 2004; Cotomácio, 2021).

Diante desse contexto, torna-se relevante compreender como a perícia criminal tem analisado, na prática, os acidentes de trabalho, especialmente no que se refere à identificação das causas, à profundidade da análise e à consideração de elementos técnicos e organizacionais. O presente trabalho propõe-se a examinar os laudos emitidos pelo Posto de Criminalística da 2ª Coordenadoria Regional de Perícias, sediado em Caxias do Sul, no período de 2015 a 2025, com o objetivo de identificar padrões de análise e suas implicações.

Nesse sentido, formulou-se o seguinte problema de pesquisa: quais são as principais características das abordagens adotadas nos laudos periciais de acidentes de trabalho analisados?

1.1 JUSTIFICATIVA

A relevância desta pesquisa está diretamente relacionada à lacuna existente entre o potencial técnico da perícia criminal na análise de acidentes de trabalho e a forma como esse potencial tem sido efetivamente explorado. Embora o laudo pericial constitua elemento central na investigação desses eventos, ainda são escassos os estudos que examinam, de forma sistematizada, o conteúdo desses documentos, especialmente no que se refere às abordagens adotadas na identificação das causas e na atribuição de responsabilidades.

A análise sistemática dos laudos periciais permite não apenas identificar o perfil destes acidentes, como os tipos mais frequentes e as principais causas atribuídas, mas também avaliar a qualidade das análises realiza-

das, incluindo aspectos como a consideração de fatores organizacionais, a utilização de referenciais normativos e a profundidade da investigação técnica. Essa pesquisa possibilita um retorno crítico sobre a própria prática pericial, contribuindo para seu aprimoramento.

Dessa forma, o presente estudo justifica-se por contribuir para o avanço do conhecimento na interface entre perícia criminal e segurança do trabalho, ao mesmo tempo em que oferece subsídios técnicos para a qualificação da elaboração de laudos periciais e para o fortalecimento das ações de prevenção e responsabilização em acidentes de trabalho.

1.2 OBJETIVOS

A definição clara dos objetivos é essencial para orientar o desenvolvimento da pesquisa e garantir coerência com o problema proposto. Considerando a necessidade de analisar criticamente a atuação da perícia criminal em acidentes de trabalho, o presente estudo estrutura-se em objetivo geral e objetivos específicos.

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os laudos periciais relativos a acidentes de trabalho emitidos pelo Posto de Criminalística da 2ª Coordenadoria Regional de Perícias, sediado em Caxias do Sul, no período de 2015 a 2025, visando identificar os tipos de acidentes mais recorrentes, as principais causas atribuídas e as características das análises desenvolvidas.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as características das abordagens adotadas nos laudos periciais de acidentes de trabalho, especialmente quanto à utilização de referenciais normativos, à incorporação de elementos documentais e ao tratamento da causalidade;
- Verificar em que medida os laudos periciais refletem as concepções tradicional e prevencionista de análise de acidentes de trabalho;
- Discutir as limitações identificadas na prática pericial e seus possíveis reflexos na produção da prova técnica destinada a subsidiar a responsabilização penal.

2 METODOLOGIA

Essa pesquisa pode ser classificada da seguinte forma:

- Natureza da pesquisa: trata-se de uma pesquisa aplicada, uma vez que busca produzir conhecimento com finalidade prática, voltado à análise de laudos periciais de acidentes de trabalho e à identificação de aspectos que possam contribuir para o aprimoramento da atuação pericial e para a prevenção de eventos semelhantes;
- Forma de abordagem: adota abordagem quali-quanti (mista), combinando a interpretação qualitativa dos dados com sua mensuração quantitativa, o que permite uma análise mais abrangente e consistente, a partir da complementaridade dos métodos;
- Processo de raciocínio: caracteriza-se como indutivo, pois parte da observação de casos particulares, representados pelos laudos periciais analisados, para a identificação de padrões e inferências no contexto investigado;
- Tipo de investigação: classifica-se como descritiva, na medida em que busca identificar, organizar e descrever as principais características dos laudos periciais de acidentes de trabalho analisados;
- • Método de pesquisa: configura-se como estudo de caso, por se basear na análise aprofundada de um conjunto específico de laudos periciais, permitindo a compreensão detalhada das características e das práticas periciais adotadas no contexto investigado.

2.1 UNIDADE DE ANÁLISE

A unidade de análise corresponde aos laudos periciais relativos aos locais de acidentes de trabalho atendidos no período de 2015 a 2025 pelo Posto de Criminalística da 2ª Coordenadoria Regional de Perícias do IGP, que possuí sede em Caxias do Sul – RS e é responsável pela circunscrição que contempla mais de 50 municípios localizados predominantemente na região da serra gaúcha.

2.2 Procedimento metodológico

A coleta de dados foi realizada por meio da leitura sistemática dos laudos selecionados, com posterior organização das informações em planilha estruturada, a partir de critérios previamente definidos em consonância com os objetivos da pesquisa. Entre as variáveis registradas incluíram-se, entre outras, o tipo de acidente, o setor produtivo, a relação de trabalho, o envolvimento de máquinas ou equipamentos, a utilização de referenciais normativos, a análise de documentos relacionados à segurança e saúde no trabalho, a abordagem da causalidade e as causas atribuídas pelos peritos. Os

dados coletados foram então organizados e submetidos à estatística descritiva, por meio da apuração de frequências absolutas e relativas, visando à identificação de padrões e recorrências.

2.3 ETAPAS

O desenvolvimento do trabalho iniciou-se com a realização de pesquisa bibliográfica, voltada ao levantamento de referências teóricas, normas técnicas e legislações pertinentes ao tema.

Na sequência, procedeu-se à busca de laudos de acidentes de trabalho disponíveis no sistema interno do órgão, selecionando-se os documentos previamente classificados nessa categoria. A partir desse conjunto, realizou-se uma triagem preliminar, por meio da leitura individual dos laudos, com o objetivo de excluir casos que não se enquadravam no escopo da pesquisa, tais como registros indevidamente classificados, locais desfeitos sem elementos técnicos suficientes, laudos ainda não concluídos ou situações sem relação com o ambiente de trabalho.

Após essa etapa, os documentos remanescentes foram submetidos à análise detalhada, com vistas à extração das informações de interesse da pesquisa, as quais foram classificadas conforme categorias previamente definidas, incluindo o tipo de acidente, o setor produtivo, a relação de trabalho, o envolvimento de máquinas ou equipamentos, a utilização de referenciais normativos, a análise de documentos relacionados à segurança e saúde no trabalho, a abordagem da causalidade, as causas atribuídas e outras circunstâncias relevantes do evento.

Os dados coletados foram então catalogados em planilha estruturada, permitindo seu tratamento por meio de estatística descritiva, com o objetivo de identificar padrões e frequências. Posteriormente, os resultados foram apresentados de forma clara e objetiva, com o apoio de gráficos e quadros, sendo posteriormente interpretados e discutidos à luz da literatura revisada.

Por fim, elaborou-se a conclusão do estudo, na qual foram sintetizados os principais achados, com vistas a responder ao problema de pesquisa e refletir criticamente sobre as limitações e potencialidades da atuação pericial. Também foram apontadas contribuições do estudo e possíveis aprimoramentos nas práticas periciais, além de sugestões para pesquisas futuras. A Figura 2, a seguir, ilustra o fluxograma das etapas descritas.



Figura 2 – fluxograma das etapas da pesquisa - Fonte: elaborado pelo autor (2026).

3 O ESTUDO DE CASO

O Instituto-Geral de Perícias (IGP) é órgão vinculado à Secretaria da Segurança Pública do Estado do Rio Grande do Sul, competindo-lhe a realização de perícias médico-legais e criminalísticas, os serviços de identificação, bem como o desenvolvimento de estudos e pesquisas em sua área de atuação. Sua previsão como órgão autônomo de segurança pública consta no art. 124 da Constituição Estadual de 1989, quando ainda denominado Coordenadoria-Geral de Perícias, passando a adotar a nomenclatura atual em 17 de julho de 1997, com a Emenda Constitucional nº 19 (INSTITUTO GERAL DE PERÍCIAS, 2025).

Sua estrutura executiva compreende o Departamento de Criminalística (DC), o Departamento Médico-Legal (DML), o Departamento de Identificação (DI), o Departamento de Perícias Laboratoriais (DPL) e o Departamento de Perícias do Interior (DPI), conforme ilustra a Figura 3.



Figura 3 – estrutura organizacional - Fonte: Instituto Geral de Perícias (2026) .

Por ser responsável pelo atendimento aos mais diversos locais de crime, ou possível crime, de todo o território gaúcho, a estrutura conta com o Departamento de Perícias do Interior (DPI), que se subdivide em Coordenadorias Regionais de Perícias (CRPs), com sedes estabelecidas nas principais cidades de cada região do estado.

Diferentemente da capital, onde há segmentação das áreas forenses com equipes especializadas, nas Coordenadorias Regionais de Perícias do interior o perito criminal atua de forma generalista. Em razão da estrutura organizacional e das limitações de efetivo, esses profissionais atendem a ampla gama de demandas, incluindo homicídios, suicídios, encontros de cadáver, furtos/arrombamentos, acidentes de trânsito, incêndios, explosões e acidentes de trabalho, o que exige formação abrangente e elevada capacidade de adaptação.

Nesse contexto, a pesquisa foi desenvolvida na 2ª Coordenadoria Regional de Perícias, onde o autor atua como Perito Criminal, a qual dispõe de um Posto de Criminalística sediado em Caxias do Sul, responsável pelo atendimento aos mais diversos locais de crime em sua circunscrição, que atualmente abrange mais de 50 municípios, concentrados predominantemente na região da Serra Gaúcha. A Figura 4 apresenta o mapa da regional.



Figura 4 – mapa das coordenadorias regionais - Fonte: instituto geral de perícias (2026) .

O trabalho concentrou-se na análise dos laudos periciais de acidentes de trabalho atendidos por essa unidade, no período de 2015 a 2025. Cabe ressaltar que, em regra, a Perícia Criminal é acionada pela autoridade competente apenas nos casos em que o acidente resulta em vítima fatal.

4 RESULTADOS

A base de dados utilizada passou por um filtro preliminar. Dos 69 laudos registrados no sistema como acidentes de trabalho, foram selecionados 54, por razões como a pendência de emissão do documento pelo perito, o local desfeito sem elementos técnicos para discussão, o enquadramento equivocado do caso como acidente de trabalho no sistema, ou a falta de relação da morte com o ambiente de trabalho, como em casos de mal súbito, por exemplo.

Os laudos distribuíram-se entre os anos de 2015 e 2025, com média aproximada de 5 atendimentos por ano. Observou-se variação no quantitativo anual, sem tendência linear definida, destacando-se, contudo, o aumento expressivo em 2021, quando foram registrados 11 locais de atendimento, número significativamente superior à média do período, conforme demonstra o gráfico 5.

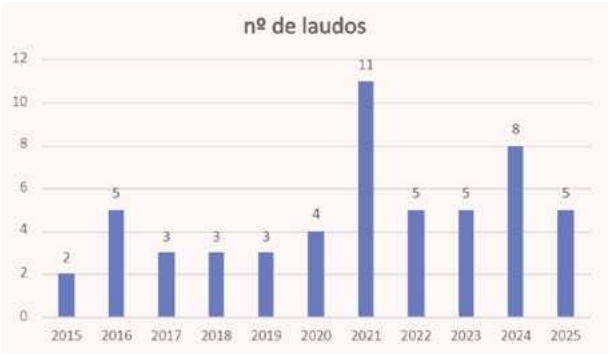


Gráfico 5 – distribuição dos atendimentos no período - Fonte: elaborado pelo autor (2026)

Para a análise dos referidos laudos foram estabelecidos critérios objetivos, em forma de planilha (Anexo I), os quais buscavam catalogar os trabalhos de acordo com padrões preestabelecidos, tais como: tipo de acidente, setor produtivo, provável dinâmica, causas e/ou falhas atribuídas, se houve solicitação de documentos relativos à segurança do trabalho, se o laudo utilizou embasamento teórico através de normas técnicas e/ou regulamentadoras, entre outros.

4.1 TIPOS DE ACIDENTE

O primeiro passo consistiu na classificação do tipo de acidente conforme o mecanismo causal predominante (Quadro 3). Verificou-se que os esmagamentos representaram 17 ocorrências (31,5%), constituindo o tipo mais frequente. Em seguida, registraram-se 12 casos de queda (22,2%) e 10 de choque mecânico (18,5%). Esses três mecanismos totalizaram 39 registros, correspondendo a 72,2% do universo analisado.

Em menor incidência, identificaram-se 5 casos de eletroplessão (9,3%) e 4 de enroscamento em máquina (7,4%). Foram ainda constatados 2 casos de soterramento (3,7%), 1 caso de explosão (1,9%) e 1 de atropelamento (1,9%).

Importa destacar que os acidentes classificados como esmagamento e choque mecânico, em diversas situações, apresentam dinâmicas semelhantes, envolvendo interação abrupta entre trabalhador e estrutura, equipamento ou veículo, com diferenciação tênue entre ambos. Caso essas categorias fossem aglutinadas em um único grupo, representariam metade dos casos (50%).

Tipo de Acidente	Nº de ocorrências	Percentual (%)
Esmagamento	17	31,48%
Queda	12	22,22%
Choque mecânico	10	18,52%
Eletroplessão	5	9,26%
Enroscamento	4	7,41%
Soterramento	2	3,70%
Explosão	1	1,85%
Atropelamento	1	1,85%
Total	**54**	**100,00%**

Quadro 3 – tipos de acidente - Fonte: elaborado pelo autor (2026)

Verificou-se ainda que, do total de 54 acidentes analisados, 28 (51,9%) estiveram relacionados à operação de máquinas ou equipamentos, enquanto 26 (48,1%) decorreram de outras circunstâncias, evidenciando equilíbrio, com leve preponderância dos eventos envolvendo dispositivos mecanizados (Gráfico 6).

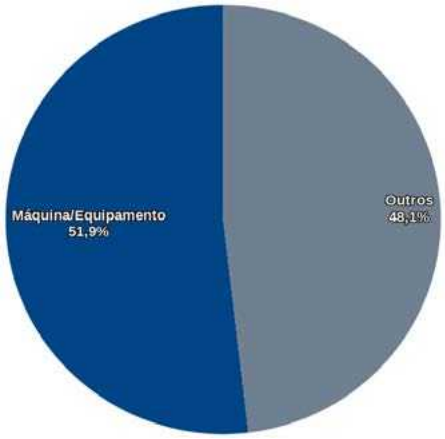


Gráfico 6 – acidentes envolvendo máquinas/equipamentos - Fonte: elaborado pelo autor (2026)

Foram enquadrados nessa categoria os casos cuja causa esteve associada à utilização dos mais variados tipos de máquinas/equipamentos, entre os quais trator, empilhadeira, retroescavadeira, cesto aéreo, caminhão munck, torno, ponte rolante, plataforma de trabalho em altura (PTA), bobinadeira, destopadeira e elevador de carga. Entre esses, o trator destacou-se como o equipamento mais recorrente, presente em 6 dos casos, o que corresponde a 21,4% dos acidentes desta natureza.

4.2 SETORES PRODUTIVOS

A análise da distribuição dos acidentes por setor, conforme apresentado pelo Quadro 4, demonstra maior concentração de ocorrências na Indústria de Transformação, com 15 casos (27,8%), seguida da Agropecuária/Produção Florestal, com 14 registros (27,8%), e da Construção, também com 14 ocorrências (24,1%). Em conjunto, esses três setores respondem por aproximadamente 79,7% dos acidentes analisados.

Os setores de Energia/Manutenção Elétrica e Transporte/Logística apresentaram, respectivamente, 5 (9,3%) e 4 casos (9,3%), indicando participação intermediária no conjunto examinado. Já o setor de Reparação de Veículos registrou 2 ocorrências (3,7%), representando a menor frequência entre os segmentos analisados.

Os dados revelam, portanto, maior incidência de acidentes em setores caracterizados por atividades operacionais intensivas, com exposição a máquinas, trabalho em altura, movimentação de cargas e interação com equipamentos, elementos que podem contribuir para a complexidade e gravidade dos eventos observados.

Setor	Nº de casos	Percentual (%)
Indústria de Transformação	15	27,8%
Agropecuária / Produção Florestal	14	25,9%
Construção Civil	14	25,9%
Energia / Manutenção Elétrica	5	9,3%
Transporte / Logística	4	7,4%
Reparação de Veículos	2	3,7%
Total	**54**	**100,00%**

Quadro 4 – distribuição por setores produtivos - fonte: elaborado pelo autor (2026)

4.3 RELAÇÃO DE TRABALHO

No que diz respeito à relação de trabalho dos acidentados, observou-se predominância expressiva da ausência dessa informação. Conforme demonstrado no Quadro 5, em 39 dos 54 laudos examinados (72,2%) não houve qualquer referência à natureza do vínculo existente entre a vítima e a empresa ou propriedade onde ocorreu o evento.

Relação de trabalho	Nº de ocorrências	Percentual (%)
Não menciona	39	72,2%
Funcionário	9	16,7%
Produtor rural	2	3,7%
Proprietário	2	3,7%
Terceirizado	1	1,9%
Sem vínculo formal	1	1,9%
Total	**54**	**100,0%**

Quadro 5 – relações de trabalho - Fonte: elaborado pelo autor (2026)

Entre os laudos que mencionaram a relação de trabalho, identificaram-se 9 casos (16,7%) em que a vítima foi descrita como funcionário, 2 (3,7%) como produtor rural, 2 (3,7%) como proprietário, 1 (1,9%) como terceirizado e 1 (1,9%) como sem vínculo formal.

4.4 ANÁLISE DE DOCUMENTOS

Analisou-se, ainda, se durante o exame pericial houve solicitação, pela perícia, de documentos relativos à segurança do trabalho junto à empresa responsável, conforme exigências legais aplicáveis, a fim de subsidiar a adequada contextualização dos fatos.

Dos 54 laudos examinados, verificou-se que apenas 6 (cerca de 11%) contemplaram a dimensão documental da empresa. Desses, metade (5,6 %) limitou-se à mera menção à existência de documentos, sem aná-

lise de seu conteúdo, enquanto apenas a outra metade efetivamente procedeu à solicitação e à apreciação das informações constantes na documentação apresentada.

Os dados são demonstrados pelo Gráfico 7, o qual evidencia a reduzida incorporação da análise documental nos laudos periciais analisados.

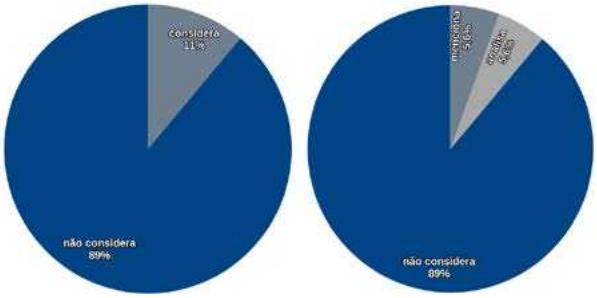


Gráfico 7 – análise de documentos - Fonte: elaborado pelo autor (2026).

4.5 NORMAS TÉCNICAS

No que se refere à realização de consulta ou referência a normas técnicas e/ou Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho como fundamento do exame pericial, os dados revelam baixa incidência de embasamento técnico normativo nos laudos analisados. Conforme ilustrado pelo Gráfico 8, dos 54 laudos examinados, apenas 14 (26%) apresentaram algum tipo de referenciação a dispositivos normativos para subsidiar a análise técnica.

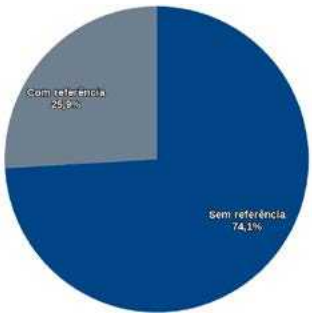


Gráfico 8 – utilização de referencias técnicas normativas - Fonte: elaborado pelo autor (2026).

A grande maioria dos laudos, 40 registros (74%), não apresentou qualquer menção a normas técnicas ou regulamentadoras como parâmetro de avaliação das condições do ambiente laboral, de forma a fundamentar tecnicamente a análise das possíveis causas e/ou fatores contribuintes para o evento.

4.6 CAUSAS ATRIBUÍDAS

Os dados analisados quanto à quantidade de causas atribuídas aos acidentes de trabalho demonstram uma predominância de abordagens de natureza monocausal. Considerando o universo de 54 casos examinados, verificou-se que 21 (38,9%) foram classificados como decorrentes de uma única causa. Em 12 ocorrências (22,2%) foram identificadas duas causas associadas ao evento, enquanto em 7 casos (13,0%) foram apontadas três ou mais causas contributivas. Observou-se, ainda, que em 14 situações (25,9%) o documento analisado não explorava de forma explícita a questão causal, limitando-se à descrição fática do evento. O Gráfico 9 abaixo ilustra os resultados.

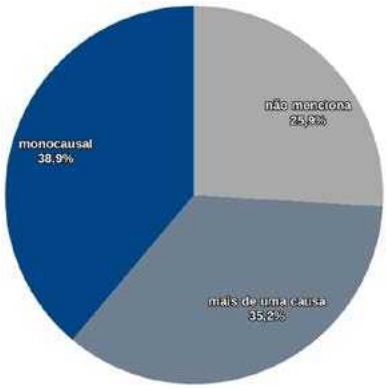


Gráfico 9 – quantidade de causas atribuídas - Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Os resultados indicam que, embora exista número relevante de análises que reconhecem a multicausalidade dos acidentes de trabalho (35,2% considerando os casos com duas ou mais causas), ainda se observa predominância de interpretações centradas em causa única. Tal achado revela possível tendência simplificadora na determinação causal.

A análise das causas apontadas nos 41 laudos que abordaram expressamente a questão causal evidencia a predominância de fatores relacionados ao comportamento do trabalhador. Para fins de quantificação, as causas foram contabilizadas individualmente, ainda que múltiplas estivessem presentes na mesma ocorrência. Assim, um mesmo acidente pode estar associado simultaneamente a diferentes categorias de causa.

Observa-se que o ato inseguro e a ausência/deficiência de EPC figuram como as causas mais recorrentes, ambas com 14 citações (34,1%). No caso do ato inseguro, este foi apontado como única causa em 6 ocasiões (14,6%). A menção à ausência ou inadequação de EPI apareceu em 11 citações (26,8%), sendo indicada de forma isolada em 3 acidentes (7,3%).

Outras causas relevantes incluíram falha de procedimento, acesso à zona de risco e falta de manutenção, cada uma com 4 citações (9,8%), além de falha mecânica e falta de treinamento, com 3 registros cada (7,3%). Também foram identificadas ocorrências relacionadas a armazenamento inadequado, ausência de supervisão, falha na análise de riscos e local impróprio para a atividade, com duas citações cada (4,9%). Registros pontuais incluíram sobrecarga, falha operacional, equipamento inadequado, erro na instalação da

peça, má instalação e descumprimento do PGR, cada um com uma citação (2,4%).

Registra-se, ainda, a existência de 1 caso classificado como causa inconclusiva (2,4%), no qual o laudo pericial abordou a questão da causalidade, porém sem alcançar determinação precisa do fator desencadeante. Tal situação distingue-se das hipóteses em que o exame se limita à descrição fática do evento, sem aprofundamento na análise causal. O Gráfico abaixo demonstra os resultados.



Gráfico 10 – causas mais citadas - fonte: elaborado pelo autor (2026).

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos 54 laudos selecionados, distribuídos entre os anos de 2015 e 2025, evidenciou relativa estabilidade no número anual de atendimentos, com média aproximada de cinco ocorrências por ano, ainda que com variações pontuais. Destaca-se o aumento observado em 2021, que destoou do padrão do período. Embora os dados analisados não permitam identificar os fatores responsáveis por essa variação, registra-se que o período coincidiu com o contexto da pandemia de Covid-19, circunstância que pode ter influenciado as dinâmicas de trabalho, sem que seja possível estabelecer relação direta com os resultados observados..

No que se refere ao tipo de acidente, verificou-se uma diversidade de riscos presentes nos ambientes laborais, com predominância dos esmagamentos (31,5%), seguidos por quedas (22,2%) e choques mecânicos (18,5%), que, somados, representaram aproximadamente 72,2% das ocorrências. Esse padrão evidencia a centralidade dos riscos mecânicos e estruturais, associados à interação direta entre trabalhadores, máquinas, equipamentos e estruturas físicas.

A proximidade entre as categorias de esmagamento e choque mecânico, inclusive com sobreposição em determinadas dinâmicas, torna-se ainda mais relevante quando consideradas de forma conjunta, uma vez que totalizaram 50% dos casos. Esse dado reforça a necessidade de abordagens preventivas voltadas ao controle das fontes de energia em sua origem, ao isolamento de áreas de risco e ao aprimoramento dos sistemas de proteção coletiva, em consonância com o conceito de condições inseguras apresentado por Cotomácio (2021).

A análise quanto ao envolvimento de máquinas e equipamentos revelou que 51,9% dos acidentes estiveram diretamente relacionados a esses elementos, indicando sua expressiva participação na gênese dos eventos. Esse dado, contudo, deve ser interpretado à luz das características da região de circunscrição da 2ª Coordenadoria Regional de Perícias, cujo Posto de Criminalística encontra-se localizado em Caxias do Sul, município reconhecido como um dos principais polos metal-mecânicos do país, com elevada concentração industrial, além de possuir extensas áreas rurais com forte presença de atividades agrícolas mecanizadas. Nesse contexto, a maior incidência de acidentes envolvendo máquinas e equipamentos pode refletir, em parte, a própria configuração econômica regional, marcada pelo uso intensivo de maquinário industrial e agrícola.

Essa característica regional também contribui para a compreensão da distribuição dos acidentes por setor produtivo, que apontou maior concentração na indústria de transformação (27,8%), na agropecuária/produção florestal (25,9%) e na construção civil (25,9%), totalizando aproximadamente 79,6% das ocorrências. Tais setores, além de predominarem economicamente na região analisada, compartilham elevada exposição a riscos operacionais, como trabalho com máquinas, movimentação de cargas e atividades em altura. Nesse sentido, os achados dialogam com a classificação dos riscos ocupacionais proposta por Nunes (2019), evidenciando a prevalência de riscos de acidentes e riscos físicos em ambientes produtivos intensivos, nos quais a interação homem-máquina se apresenta como elemento crítico.

No tocante à relação de trabalho, a expressiva ausência dessa informação em 72,2% dos laudos evidencia uma lacuna relevante na contextualização dos acidentes. A identificação do vínculo entre a vítima e o local de trabalho não só demonstra, de certa forma, o grau de cumprimento da legislação trabalhista pela empresa, como também é elemento essencial para a compreensão das dinâmicas organizacionais, da estrutura de comando e das responsabilidades envolvidas. Sua omissão sugere uma limitação na abordagem pericial, que tende a privilegiar a materialidade do evento em detrimento da análise das relações laborais subja-

centes, aspecto fundamental para a adequada responsabilização, principalmente no âmbito da esfera penal.

A análise da incorporação de elementos documentais revelou que apenas 11,1% dos laudos contemplaram a solicitação e/ou análise de documentos relacionados à segurança do trabalho, sendo que metade desses se limitou à mera menção de sua existência. Tal dado evidencia fragilidade metodológica relevante, uma vez que a análise documental, especialmente de instrumentos como o Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), registros de treinamento e procedimentos operacionais constituem fontes essenciais para a compreensão do contexto organizacional e da efetividade das medidas preventivas adotadas pela empresa, conforme preconizado pelas normas regulamentadoras vigentes. A baixa incidência dessa prática sugere uma limitação na abordagem sistêmica do acidente, restringindo a análise ao evento em si, sem aprofundamento nas condições organizacionais que o antecederam.

De forma convergente, verificou-se que apenas 25,9% dos laudos apresentaram fundamentação em normas técnicas ou Normas Regulamentadoras, enquanto a maioria (74,1%) não utilizou tais referenciais como parâmetro de análise. Essa ausência de embasamento normativo compromete a robustez técnica das conclusões periciais, uma vez que impede a avaliação objetiva da conformidade das condições de trabalho com os padrões legais vigentes. Tal lacuna pode impactar diretamente na qualidade da prova técnica produzida, sobretudo em contextos de apuração de responsabilidades.

No que se refere à análise causal, observou-se predominância de abordagens monocausais, presentes em 38,9% dos casos, enquanto 35,2% reconheceram a existência de mais de um fator e 25,9% sequer exploraram explicitamente a questão causal. Esse cenário revela uma tendência à simplificação da dinâmica acidentária, em desacordo com a concepção contemporânea de que os acidentes de trabalho são eventos multifatoriais, resultantes da interação entre fatores técnicos, organizacionais e humanos. A não exploração de uma provável causa e/ou de fatores contribuintes pelo perito pode comprometer significativamente a utilidade do laudo pericial, na medida em que fragiliza sua capacidade de esclarecer a dinâmica do evento e de subsidiar a adequada apuração de responsabilidades, podendo torná-lo insuficiente para sua finalidade probatória (Magalhães, 2017; Toledo, 2024).

A análise das causas apontadas reforça essa perspectiva, evidenciando a recorrência de fatores relacionados ao comportamento do trabalhador. O ato inseguro figurou como a causa mais citada, ao lado da ausência ou deficiência de EPC (34,1% cada), seguidos pela ausência ou inadequação de EPI (26,8%).

Nesse sentido, a frequente atribuição do ato inseguro como causa principal, inclusive de forma única em parte dos casos (14,6%), sugere a persistência de um modelo explicativo centrado no erro humano, que tende a obscurecer a identificação de falhas sistêmicas, como deficiências na organização do trabalho, ausência de supervisão, inadequação de procedimentos ou falhas de projeto. Conforme apontam Vilela, Iguti e Almeida (2004), essa concepção tradicional interpreta os acidentes como resultado de decisões individuais, desconsiderando sua natureza complexa e multicausal. A centralização da causa no comportamento do trabalhador limita o alcance das conclusões periciais, ao deslocar o foco das condições estruturais e organizacionais que, em muitos casos, constituem os elementos determinantes para a ocorrência do evento.

Como exemplo, destaca-se um acidente do tipo esmagamento, decorrente da queda de um semirreboque durante operação com ponte rolante, no qual o laudo pericial consignou que “a utilização de dispositivo de içamento de acionamento manual/mecânico (aranha) dependia da habilidade e atenção do trabalhador”. Contudo, não houve referência às normas regulamentadoras aplicáveis, como a NR-11 e a NR-12, o que limita a avaliação quanto ao atendimento às exigências mínimas de segurança. Nesse contexto, observa-se que poderiam ter sido consideradas diversas medidas técnicas e organizacionais capazes de reduzir a dependência exclusiva da atuação humana para garantia da segurança da operação.

Do mesmo modo, a atribuição de causalidade exclusivamente à ausência de EPI (7,3% dos casos) reforça uma abordagem simplista e centrada no comportamento individual da vítima, desconsiderando a hierarquia das medidas de controle prevista na NR-01, que considera tal equipamento o EPI a última medida de segurança a ser adotada, após esgotadas as hierarquicamente superiores. Tal prática, segundo Cotomácio (2021), reflete uma lógica ainda presente na análise de acidentes, na qual o enfoque da proteção é deslocada para o indivíduo, em detrimento da análise das condições que originaram o risco, de forma oposta à concepção prevencionista.

De forma geral, observa-se que as limitações identificadas nos laudos periciais, especialmente a baixa exploração da causalidade, a reduzida utilização de referenciais normativos e a incipiente análise documental, podem impactar diretamente as repercussões penais dos acidentes de trabalho. Considerando que, no âmbito penal, a responsabilização exige a demons-

tração da conduta, do resultado e do nexo causal, bem como a verificação de dolo ou culpa, caracterizada por negligência, imprudência ou imperícia, a ausência ou superficialidade na análise desses elementos tende a dificultar a individualização das condutas e a comprovação da responsabilidade penal (Angieuski, 2005; Mendes Filho, 2021).

Além disso, a produção de prova pericial consistente é essencial para subsidiar a atuação das autoridades responsáveis pela persecução penal, uma vez que o laudo deve fornecer elementos técnicos suficientes para a adequada compreensão do fato e sua eventual tipificação (Magalhães, 2017; Toledo, 2024). Nesse contexto, laudos que se limitam à descrição do evento, sem aprofundamento técnico quanto às condições de trabalho e ao descumprimento de normas de segurança, podem se mostrar insuficientes para fundamentar a responsabilização penal dos agentes envolvidos, contribuindo para a baixa incidência de responsabilização criminal em acidentes de trabalho (Silva, 2018).

Por fim, há de se considerar a realidade enfrentada pelos peritos criminais lotados no interior do estado. A atuação generalista desses profissionais, embora necessária diante das limitações estruturais e de efetivo, pode representar um desafio ao aprofundamento técnico dos exames periciais realizados. A multiplicidade de áreas atendidas, cada qual com especificidades próprias e elevado grau de complexidade, exige constante atualização e domínio de conhecimentos diversos. Nesse contexto, o fortalecimento de iniciativas institucionais voltadas à capacitação continuada, especialmente na área de segurança e saúde no trabalho, pode contribuir para o aprimoramento da qualidade analítica dos exames periciais, favorecendo a identificação mais abrangente de causas, fatores contribuintes e demais elementos relevantes à adequada elucidação dos eventos periciados.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu identificar padrões relevantes nos laudos periciais de acidentes de trabalho analisados, evidenciando tanto características recorrentes dos eventos quanto aspectos da própria atuação pericial. Mais do que a descrição desses elementos, os achados possibilitaram uma reflexão crítica sobre o alcance e as limitações da prova técnica produzida nesse contexto.

Diante desse conjunto de resultados, conclui-se que os laudos periciais analisados apresentam padrões na forma de abordagem dos acidentes de trabalho. Observa-se a predominância de análises centradas em fatores imediatos e comportamentais, frequentemente associadas à atribuição monocausal, bem como a limitada consideração de aspectos organizacionais, a reduzida análise de documentos relacionados à gestão de segurança e saúde no trabalho e o uso ainda restrito de referenciais normativos como fundamentação técnica. Essas características indicam que, embora a perícia criminal cumpra seu papel na descrição e materialização dos eventos, a forma como as análises são conduzidas ainda pode ser ampliada, especialmente no que se refere à compreensão sistêmica dos acidentes de trabalho.

Como implicação, verifica-se que tais limitações podem impactar diretamente a adequada atribuição de responsabilidades na esfera penal, na medida em que análises simplificadas tendem a restringir a identificação de condutas relevantes, especialmente aquelas relacionadas à gestão do risco e ao descumprimento de deveres legais por parte dos empregadores e demais agentes envolvidos. Nesse contexto, a forma como os acidentes são interpretados nos laudos periciais exerce influência significativa sobre os desdobramentos da persecução penal.

Nesse sentido, o aprimoramento metodológico das perícias, com maior ênfase na análise do contexto organizacional, na fundamentação normativa e na adoção de abordagens multicausais, mostra-se essencial para ampliar a qualidade técnica dos laudos. Soma-se a isso a necessidade de fortalecimento de políticas institucionais voltadas à capacitação continuada dos peritos criminais, especialmente nas unidades do interior, onde a atuação generalista, diante da diversidade e complexidade das demandas periciais, pode comprometer o aprofundamento técnico dos exames. Tais avanços não apenas fortalecem a compreensão dos acidentes de trabalho, mas também contribuem de forma mais efetiva para a prevenção de novos eventos e para a adequada apuração de responsabilidades.

Como possibilidade de aprofundamento, sugere-se a realização de estudos futuros voltados à análise estatística do número de indiciamentos decorrentes dos atendimentos a locais de acidente de trabalho pela perícia criminal, de modo a avaliar, de forma mais objetiva, a efetividade da prova pericial na persecução penal desses eventos. Adicionalmente, recomenda-se a elaboração de uma cartilha, guia ou manual prático voltado à atuação do perito criminal em exames de locais de acidente de trabalho, com o objetivo de orientar a condução das análises periciais a partir de uma perspectiva sistêmica.

REFERÊNCIAS

ANGIEUSKI, Plínio Neves. A responsabilidade penal nos acidentes de trabalho. Boletim Jurídico, Uberaba, 2005. Disponível em: https://www.boletimjuridico.com.br/artigos/direito-penal/712/a-responsabilidade-penal-acidentes-trabalho. Acesso em: 24 jul. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Guia de análise de acidentes de trabalho. Brasília: MTE, 2010.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora nº 1 (NR-1): Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais. Brasília, DF: MTE, 2024.

COTOMÁCIO, André Carrara. Manual Prático de Perícia Criminal em Acidentes de Trabalho. 2ª Edição ampliada. São Paulo: Millennium Editora, 2021.

FATAZZINI, José Antônio; CICCO, Francisco de Paula. Prevenção e controle de perdas. São Paulo: Atlas, 1986.

FAYET JÚNIOR, Ney; FRAGA, Ricardo Carvalho. Dos acidentes de trabalho: questões penais e extrapenais: uma abordagem ampla no contexto da sociedade de risco. 3. ed. Porto Alegre: Nuria Fabris, 2014.

MAGALHÃES, Adilson Ferreira de. A atuação policial nas investigações dos acidentes de trabalho fatais. Dissertação de Mestrado. Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (Fundacentro). São Paulo, 2017.

MENDES FILHO, R. T. Responsabilidade criminal no acidente de trabalho: crimes omissivos impróprios na seara empresarial e adoção da teoria da imputação objetiva. Revista Direitos, Trabalho e Política Social. Cuiabá, 2021.

NAVES, Marcelo Coutinho Xavier. Uma nova óptica das perícias criminais em acidentes envolvendo energia elétrica. 2016. 55 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

OLIVEIRA, F. A persistência da noção de ato inseguro e a construção da culpa: os discursos sobre os acidentes de trabalho em uma indústria metalúrgica. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, São Paulo, 2007.

SALIM, Adib Pereira Netto. A teoria do risco criado e a responsabilidade objetiva do empregador em acidentes de trabalho. Revista do Tribunal Regional do Trabalho da 3ª Região, Belo Horizonte, 2005.

SILVA, Ana Beatriz Ribeiro Barros. O desgaste e a recuperação dos corpos para o capital: acidentes de trabalho, prevencionismo e reabilitação profissional durante a ditadura militar brasileira (1964-1985). Tese (Doutorado em História) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

SILVA, Edson Braz da. A polícia civil e a investigação do acidente de trabalho. [s.l.], 2018.

SOUSA, J. V. N.; TOLEDO, E. A. Protocolo de atuação do Perito Criminal em locais de acidente de trabalho em espaço confinado. Revista Brasileira de Criminalística, Brasília, 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.15260/rbc.v13i2.822. Acesso em: 22 jun. 2025.

VILELA, R. A. G.; IGUTI, A. M.; ALMEIDA, I. M. Culpa da vítima: um modelo para perpetuar a impunidade nos acidentes do trabalho. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2004.

ZARZUELA, José Lopes. A prova pericial no foro penal. Revista da Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, 1995. Disponível em: https://revistas.usp.br/rfdusp/it/article/download/67300/69910/88716. Acesso em: 24 jun. 2025.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Inovação Pericial: Event Data Recorder (EDR) e a validação multidisciplinar da prova material em crime de trânsito na cidade de Goiânia – Relato de Caso

L. P. C. Costa[a*], C. F. Arantes[a], D. V. Almeida[a]

[a]Superintendência de Polícia Técnico-Científica, Goiânia (GO) ,Brasil
[*]Endereço de e-mail para correspondência: leticia.ccosta@goias.gov.br Tel.: +55-62998535167.

Palavras-chave: Event Data Recorder (EDR), Perícia de Crime de Trânsito, Inovação pericial, Validação de Evidências, Criminalística.

1. INTRODUÇÃO

Dados recentes do Ministério da Saúde (Datasus, 2025) indicam que o Brasil registrou quase 37.150 óbitos no trânsito em 2024, representando um aumento de 6,5% em relação a 2023, marcando a maior alta anual em mais de duas décadas e consolidando a violência viária como uma das principais causas de morte no país. Apesar das reformulações no Código de Trânsito Brasileiro (Brasil, 1997) entre 2012 e 2023, a taxa de mortalidade permanece elevada, evidenciando a insuficiência das estratégias de controle municipal, segurança veicular e fiscalização eletrônica na redução significativa de fatalidades e incapacidades (IPEA, 2026).

Em 2025, segundo dados do DETRANGO, o estado de Goiás registrou 908 óbitos, e a cidade de Goiânia registrou 148 óbitos decorrentes de sinistros de trânsito em seu perímetro urbano (Diário da Manhã, 2026). No cenário nacional, a violência no trânsito gerou um impacto econômico superior a R$ 50 bilhões, com um custo médio de aproximadamente R$ 16,8 milhões por fatalidade, predominantemente associado à perda de produção e despesas hospitalares. Cada sinistro de trânsito onera a sociedade em cerca de R$ 262.000, valor que se eleva para R$ 785.000 em ocorrências fatais, ressaltando o substancial ônus humano e financeiro (CNT, PRF, 2025).

No contexto da investigação técnico-científica, a atividade pericial assume um papel essencial na elucidação de crimes de trânsito, subsidiando a persecução penal e o processo judicial. A perícia de reconstrução de crimes de trânsito foca na apuração de delitos como homicídio culposo e lesão corporal culposa, conforme o Código de Trânsito Brasileiro (Brasil, 1997). Este processo envolve a materialização, análise e interpretação de vestígios na via, nos veículos e nas vítimas (exame perinecroscópico), permitindo reconstruir a dinâmica do evento, e, quando possível, determinar a causa técnica do sinistro (Aragão, 2016).

O laudo pericial, nesse contexto, é documento indispensável para instruir inquéritos policiais e subsidiar decisões judiciais (Prado, 2014). Cruz (2014) destaca que o trabalho pericial possui natureza *visum et repertum*, ou seja, ver e reportar, sendo o laudo instrumento essencial de comunicabilidade da prova material. As inovações tecnológicas possibilitam a implantação de medidas que aumentam a segurança viária. O desenvolvimento de dispositivos e o aprimoramento de algumas peças dos automóveis buscam diminuir a incidência de algumas das possíveis causas de sinistros de trânsito, tornando os automóveis mais seguros (Lopes, 2018).

Neste cenário, a inovação para a perícia oficial de natureza criminal no Brasil é fato indiscutível, não apenas como um fim em si mesma, mas como um instrumento estratégico de política pública para a melhoria da segurança pública e da administração da justiça (Campos, 2022). A gestão da inovação envolve a identificação de problemas, a busca por soluções tecnológicas e organizacionais, a implementação dessas inovações e a avaliação de seus resultados e impactos (Montezano *et al.*, 2023).

Como meio de elucidar os diversos tipos de crimes de trânsito, de forma mais precisa e confiável, bem como validar a prova material têm-se os *Event Data Recorders* (EDRs) que são fundamentais para aprimorar a perícia de crimes de trânsito, permitindo a reconstrução de eventos e a determinação de dinâmicas. Frequentemente associados ao *Airbag Control Module* (ACM), esses módulos veiculares registram dados vitais de colisão, como uso de cinto, acionamento de freios e rotação do veículo, por meio de sensores e armazenamento em memória não volátil (Lopes, 2018). A utilização de EDRs supera as limitações dos métodos periciais tradicionais, que são frequentemente demorados e imprecisos por dependerem de vestígios físicos. Ao fornecer dados objetivos pré-acidente, os EDRs otimizam a identificação de trajetórias, o cálculo de velocidades e a compreensão da dinâmica geral do sinistro (Lopes, 2018).

Os dados obtidos por meio de *Event Data Recorders* (EDR) representa uma evolução significativa na segurança viária e na reconstrução de sinistros, aliados ao conceito de *Machine Learning*, ou aprendizado de máquina, onde é possível permitir que os computadores "aprendam" e melhorem seu desempenho a partir de dados, em vez de serem programados com regras fixas. Enquanto o EDR atua como uma "caixa preta", capturando dados brutos de sensores em intervalos críticos, os algoritmos de *Machine Learning* permitem processar este volume massivo de dados para identificar padrões complexos que seriam invisíveis numa análise manual. Através de modelos de classificação e regressão, é possível não só reconstruir a dinâmica de uma colisão com maior precisão, mas também prever comportamentos de risco e falhas mecânicas antes que estas resultem em sinistros. Esta integração transforma dados passivos em inteligência preditiva, auxiliando o trabalho pericial na determinação da causa técnica de crimes de trânsito (Lopes, 2018).

2. OBJETIVOS

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo demonstrar por meio de um relato de caso, a investigação científica de um sinistro de trânsito, no ano de 2023, na cidade de Goiânia, o qual resultou em dois óbitos e analisar como a integração dos dados contidos no *Event Data Recorder* (EDR) reduz as incertezas na validação de vestígios materiais — como marcas pneumáticas e estimativa de velocidade de tráfego — durante a reconstrução técnica de sinistros de trânsito.

3. METODOLOGIA

A metodologia aplicada fundamenta-se na convergência de evidências e no rigor técnico, iniciando-se pela contextualização da ocorrência por meio da integração de fontes primárias e documentais. Essa base de dados preliminar é composta por oitivas com policiais militares e civis para levantamento do histórico imediato, além da análise do Registro de Atendimento Integrado (RAI), que permite identificar as versões iniciais dos condutores. Na fase de campo, adota-se o método de observação direta e análise de vestígios, garantindo-se inicialmente a integridade da cena através do isolamento, além do registro de possíveis alterações nos elementos materiais (Velho et al, 2013).

A materialização da cena é realizada por meio da técnica de medição por coordenadas cartesianas, utilizando trenas a laser e medidores manuais para registrar a posição exata de cada vestígio (Toresan et al, 2024). Esse levantamento é complementado por um registro fotográfico detalhado da via, das unidades veiculares e das vítimas. Para reforçar o rigor do estudo pericial, foi analisado vestígios digitais, processando imagens de câmeras de segurança que corroboram com os vestígios físicos e permitem o cálculo técnico da estimativa de velocidade momentos antes do impacto. Adicionalmente, vistorias realizadas pela engenharia forense nos sistemas de freio, aceleração e direção são conduzidas para descartar falhas prévias ao sinistro. O processo encerra-se com o confronto técnico de todos os elementos físicos, biológicos e digitais, com a análise de dados do *Event Data Recorder* (EDR) extraídos do relatório da Volvo, consolidando a dinâmica final do evento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este estudo apresenta uma análise aprofundada das abordagens técnicas empregadas na perícia criminal de um complexo sinistro de trânsito, em que a correlação entre as diversas fontes de evidências materiais foram fundamentais para a reconstrução precisa do evento. A investigação técnico-científica foi estruturada em múltiplas frentes, garantindo uma coleta e análise de dados abrangente o que garantiu maior confiabilidade as provas materiais.

O levantamento técnico-material do local foi realizado em 2023, em uma avenida na cidade de Goiânia-GO, uma via urbana com duas pistas e duas faixas de rolamento por sentido, caracterizada por um trecho de aclive seguido de declive acentuado (viaduto). A sinalização vertical indicava velocidade máxima permitida de 50 km/h.



Figuras 1 e 2. Vista do local do sinistro de trânsito e placa de velocidade permitida.

No local foram identificados cinco veículos como participantes, ora identificados como: V-1, V-2, V-3, V-4 e V-5. Cada veículo foi vistoriado quanto as avarias, a localização das sedes de impacto, as direções das forças atuantes e a presença de marcas de transferência de tinta. Foram materializados os principais vestígios na via como marca de pneu do tipo guinada provenientes de manobra com esterçamento abrupto do volante, impressas pelo pneu anterior esquerdo (marca mais escura) e pelo pneu posterior esquerdo de V-1 (utilitário), a marca mais à esquerda (mais clara) apresentava estrias internas sugestivas de processo de aceleração, marcas de sulcagens em pavimento asfáltico da faixa da esquerda (norte), delimitando o sítio físico de colisão entre as unidades veiculares: V-1 (utilitário) e V-3 (motocicleta), marca de arrasto de pneu, retilínea, com formato dos sulcos dos pneus, semelhante a marca de frenagem, impressas no pavimento asfáltico, pelos pneus direitos de V-1 (utilitário), na faixa da esquerda (norte), marcas de estrias impressas no pavimento asfáltico, decorrentes da desaceleração em deslizamento lateral de V-3 (motocicleta), com término na posição de repouso de V-3 (motocicleta), as estrias apresentavam-se em diferentes sentidos, direções e sobrepostas devido a participação de outra unidade veicular V-5 (motoneta), e devido aos outros impactos entre V-3 (motocicleta) e V-2 (utilitário), posição de imobilização final de V-3 (motocicleta), tombada sobre a lateral esquerda e posição de imobilização final de V-2 (utilitário) com setor anterior voltado para o oeste aproximado.



Figuras 3 e 4. Marca de pneu do tipo guinada.



Figuras 5 e 6. Marca de sulcagem: Sítio de colisão e posição de imobilização do veículo 3.



Figuras 7 e 8. Estrias e posição de imobilização do veículo 1.

Foi realizado o exame perinecroscópico nas vítimas fatais e constatado as principais lesões externas. Foram analisados diversos arquivos de vídeo provenientes de câmeras de segurança, encaminhados pela delegacia. Estas imagens permitiram a reconstituição da trajetória dos veículos e da sequência dos eventos, corroborando com os vestígios materializados no local. Em particular, as filmagens foram essenciais para a estimativa de velocidade do veículo V-1. Com base nas imagens de câmeras de segurança, estimou-se que a velocidade média de V-1 como sendo, "pelo menos 127,8 km/h" nos vídeos examinados, bem acima do limite regulamentado para a via.



Figuras 9 e 10. Análise das filmagens no momento da fase da aproximação e interação entre os veículos.



Figuras 11 e 12. Análise das filmagens no momento da fase de interação e separação entre os veículos.

Foram realizados exames complementares no veículo 1 pela seção de engenharia forense, o qual focou na verificação da integridade dos sistemas de freio, aceleração e direção. Concluiu-se que os danos observados eram consequência do sinistro e que não foram encontradas avarias pré-existentes que pudessem ter relação com o sinistro. Por fim, foram analisados e interpretados os dados EDR (*Event Data Record*) do veículo 1 da marca Volvo.

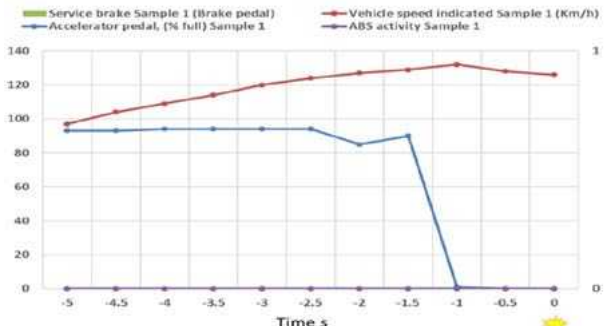


Figura 15: Report da Volvo: Calculated time of event 1 airborne (no airbag deployment): 2023-04-20 time 23:31:30.

A Volvo Cars foi solicitada para realizar a leitura dos dados armazenados nos módulos de controle do airbag de V-1 (I/VOLVO XC40 8 ULTIMATE). A leitura revelou informações essenciais sobre o comportamento do veículo nos momentos que antecederam e durante o impacto. Foi determinado que ambos os ocupantes dos assentos dianteiros estavam com os cintos de segurança travados. O módulo de controle de restrição detectou dois eventos classificados como "*airborne situations*," situações aéreas ou movimentos de voo, indicando que o veículo perdeu aderência com o pavimento, possivelmente devido a velocidade elevada sobre picos ou lombadas, o que é consistente com a conformação do viaduto da referida avenida (aclive seguido de declive acentuado). Estes eventos precederam a colisão. O EDR registrou que o veículo foi conduzido em alta velocidade, atingindo "até 148 km/h" no percurso registrado antes do impacto e que o pedal do acelerador foi totalmente pressionado até aproximadamente 3,5 segundos antes do impacto. Neste ponto, o controle eletrônico de estabilidade (ESC) começou a regular para evitar derrapagens devido a "movimentos muito fortes do volante" (esterçamento abrupto). Cerca de 2 segundos antes do impacto, o pedal do freio foi acionado, ativando o sistema ABS. O sistema de freios funcionou conforme projetado, mas não era fisicamente viável reduzir a velocidade do veículo de forma mais significativa no curto tempo disponível antes do impacto, dada a velocidade inicial. A Volvo concluiu que o veículo funcionou conforme projetado no sinistro. A integração dos dados obtidos em cada etapa do exame pericial permitiu uma reconstrução detalhada e robusta da dinâmica do sinistro. A correlação entre os vestígios materiais, as análises de vídeo e os dados do EDR da Volvo foram relevantes para validar as inferências e estabelecer as causas técnicas do sinistro.

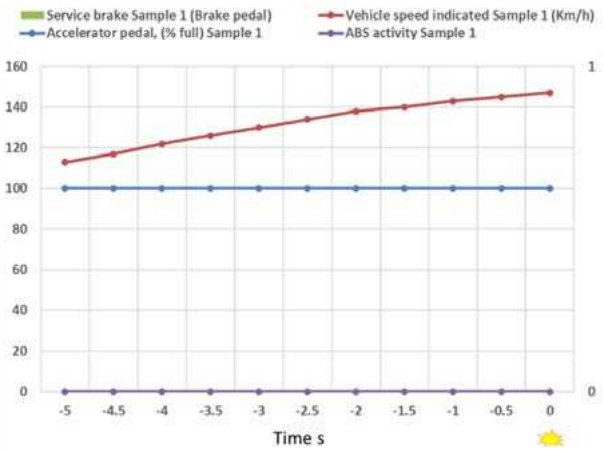


Figura 16: Report da Volvo: Calculated time of event 2 airborne (no airbag deployment): 2023-04-20 time 23:38:55

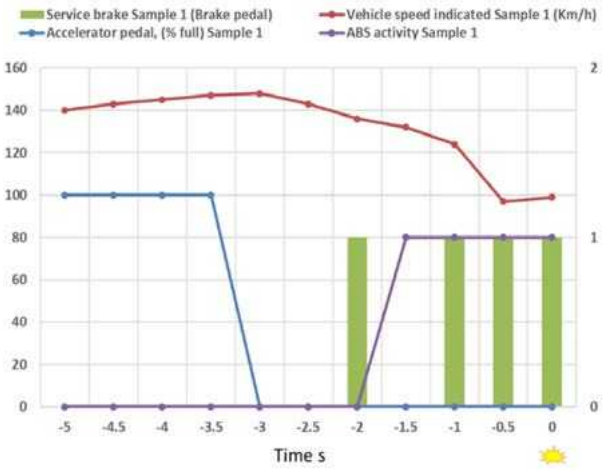


Figura 16: Report da Volvo: Calculated time of event 3 frontal crash (airbag deployment): 2023-04-20 time 23:38:59.

Assim foi possível validar os vestígios materializados no local pelos dados do EDR: o levantamento de local indicou que a velocidade máxima regulamentada e permitida para a via era de 50 km/h. A estimativa de velocidade do Laudo da Seção de Áudio Imagem, baseada em imagens, apontou para "pelo menos 127,8 km/h". Esta informação foi veementemente reforçada pelos dados do EDR da Volvo, que registrou "até 148 km/h" antes do impacto. Esta consistência entre diferentes métodos fortalece a conclusão de que V-1 trafegava em velocidade excessiva. Além disso, o EDR indicou que o controle eletrônico de estabilidade de V-1 foi ativado devido a "movimentos muito fortes do volante" e que o acelerador foi liberado cerca de 3,5 segundos antes. Esta informação é diretamente validada pelo vestígio materializado no local: "marcas de pneu do tipo guinada provenientes de manobra com esterçamento abrupto do volante". A presença de estrias internas nessas marcas também sugeriu processo de aceleração e posterior derrapagem, ratificando a ação inicial do acelerador e a subsequente intervenção do controle de estabilidade. O EDR revelou que o pedal do freio foi acionado 2 segundos antes do impacto, com regulação do ABS. Embora o ABS, por sua natureza, não imprima marcas de frenagem contínuas no pavimento, as "marcas de arrasto de pneu, retilíneas, com formato dos sulcos dos pneus, semelhante a marca de frenagem" observadas no local, são compatíveis com a ação de frenagem após a perda de controle inicial, demonstrando a tentativa de desaceleração. A conclusão da Volvo de que o sistema de freios funcionou conforme projetado vai ao encontro de ausência de falha mecânica pré-existente. A detecção de "*airborne situations*" pelo EDR, em que o veículo perdeu aderência com o pavimento, é diretamente explicada pela descrição topográfica da avenida no local do si-

nistro: "aclive acentuado seguido de declive acentuado, inclinação de 10° (viaduto sentido oeste/leste)". Este dado do EDR oferece uma perspectiva dinâmica interna do veículo, validando e complementando a observação da infraestrutura viária. A conclusão da Volvo de que o veículo funcionou conforme projetado e que o sistema de freios estava em ordem, junto à conclusão do Laudo de Perícia Criminal da Seção de Engenharia Forense de que não havia avarias pré-existentes nos sistemas de direção, freio e aceleração, é confirmada pela ausência de falhas mecânicas como causa principal do sinistro.

Desta forma, a análise conjunta permitiu a reconstrução da sequência de eventos: V-1 (utilitário), trafegando em alta velocidade (148 km/h, conforme EDR) no sentido oeste/leste da Avenida, perdeu o controle ao iniciar o declive do viaduto, invadindo a faixa de trânsito oposta. Em sua trajetória colidiu frontalmente com V-3 (motocicleta), que trafegava regularmente no sentido leste/oeste. A energia cinética envolvida na colisão de V-1 (2188kg a 148 km/h, resultando em 1.848.895 Joules) explica a complexidade e a severidade dos danos observados. Após o impacto inicial, os ocupantes de V-3 foram projetados em trajetória parabólica, imobilizando-se na via lateral norte. V-4 (automóvel), que trafegava na via lateral, teve contato com os corpos em movimento ou já imobilizados, resultando em perfis de manchas de sangue do tipo *cast-off* e manchas transferidas por contato. Simultaneamente, V-2 (utilitário) e V-5 (motoneta), também trafegando regularmente, foram atingidos ou envolvidos na sequência de colisões secundárias. V-1, por sua vez, seguiu sem controle até colidir com um poste metálico no canteiro central e imobilizar-se. A elevada energia cinética proveniente do impacto inicial entre V-1 e V-3 resultou em lesões fatais para os ocupantes da motocicleta, descritas nos laudos cadavéricos como politraumatismo. A análise da trajetória dos corpos corroborou a ocorrência de um *Fender vault trajectory*, onde os corpos são atingidos pelo setor angular anterior do veículo e projetados em parábola. As lesões e o movimento dos corpos foram responsáveis pela impregnação de manchas de sangue tipo *spatters* na defensa metálica e em V-4, cujas características (formatos elípticos e circulares) foram interpretadas para correlacionar o ângulo e a altura do impacto dos corpos com a superfície.

5. CONCLUSÃO

A integração das diversas abordagens técnicas — levantamento de vestígios no local, exames veiculares, perícia médico-legal das vítimas, análise de vídeo e, de forma preponderante, a interpretação dos dados do EDR do veículo Volvo — permitiu uma reconstrução metodologicamente robusta e cientificamente validada do sinistro de trânsito. Todos os vestígios materiais e as observações no local foram consistentemente corroborados pelos dados digitais, especialmente aqueles provenientes do EDR, que ofereceu uma visão interna e temporal precisa do comportamento do veículo V-1.

A causa técnica determinante do acidente foi a perda de controle do veículo V-1 (I/VOLVO XC40 8 ULTIMATE) devido ao excesso de velocidade (registrada em até 148 km/h), resultando na invasão da pista de sentido contrário e nas sucessivas colisões que culminaram nas fatalidades e lesões observadas. A ausência de falhas mecânicas pré-existentes em V-1, confirmada pela vistoria veicular e pelos dados do EDR, direciona a responsabilidade da dinâmica do sinistro para o comportamento do condutor.

Este relato de caso demonstra a sinergia entre as técnicas periciais tradicionais e as avançadas tecnologias de dados veiculares, fortalecendo a capacidade da criminalística em desvendar eventos complexos com elevado rigor científico. A abordagem multidisciplinar e a validação cruzada das evidências digitais e físicas foram importantes para a elucidação completa do sinistro, e, ainda reforça que a tecnologia não substitui o olhar do perito, mas o potencializa, garantindo que o laudo pericial cumpra seu papel fundamental de entregar uma verdade técnica inequívoca para o prosseguimento do inquérito policial e processo judicial.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Professor Doutor Wilson Toresan Júnior e ao perito criminal Northon Didyk pelo suporte técnico à viabilização desta pesquisa. Um agradecimento especial é devido ao Delegado de Polícia Civil Hellyton Carlos Miranda de Carvalho e a *Volvo Cars* pela colaboração interinstitucional durante as etapas de investigação criminal. Este estudo contou com o respaldo institucional da Polícia Científica de Goiás, cujos quadros de especialistas em reconstrução de sinistros de trânsito elevam o rigor metodológico da perícia oficial de natureza criminal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO, R. F. Acidentes de trânsito: análise da prova pericial. 6. ed. Campinas, SP: Millennium Editora, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS. Dados Consolidados de Óbitos no Trânsito Brasileiro, 2025.

BRASIL. Lei n. 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 24 set. 1997.

CAMPOS, J. P. Análise criminal como ferramenta de reformulação da perícia criminal. Revista Brasileira de Criminalística, v. 11, n. 1, p. 29-36, 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT); POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL (PRF). Impacto econômico da violência no trânsito no Brasil. Brasília: CNT, 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT); INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Custos sociais dos acidentes de trânsito no Brasil. Brasília: CNT, 2025.

CRUZ, F. Análise do tempo de entrega de laudos periciais em atendimentos de locais de crime pelo Instituto de Criminalística de Curitiba. 2014. Tese (Doutorado em Estatística). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

DIÁRIO DA MANHÃ. Acidentes de trânsito mataram 148 pessoas em Goiânia em 2025. Disponível em: www.dm.com.br. Acesso em: 16 abril 2026.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Mortalidade no trânsito, desenvolvimento econômico e desigualdades regionais no Brasil. Disponível em: www.ipea.gov.br. Acesso em: 16 abril 2026.

LOPES, Gabriela da Silva. Caixa Preta para Veículos Automotivos. 2018. 117 p. Monografia (Graduação em Engenharia da Computação) – Departamento de Ciência da Computação, Instituto de Ciências Exatas, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

MONTEZANO, L.; ALBUQUERQUE, T. M. M. de; MEDEIROS, J. A. D. M.; BARBOSA, S. de O. Ambiente e resultados de uma inovação tecnológica forense premiada na Polícia Federal. Revista Brasileira de Ciências Policiais, Brasília, v. 14, n. 11, p. 41-70, jan.-abr. 2023.

PRADO, L. F. Perícia Criminal: a efetividade do laudo pericial no inquérito policial. 2014. TCC (Curso de Especialização em Segurança Pública e Justiça Criminal). Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, Minas Gerais.

Toresan Jr., Wilson e Didyk, Nortthon. Reconstrução de Colisões Veiculares. Editora ICF – Instituto de Ciências Forenses LTDA – ME, 1ª edição, 2024.

VELHO, L. L. et al. Locais de crime: preservação, análise e interpretação. 2. ed. São Paulo: Método, 2013.

M. F. A. Silva, A. R. Cukla, S. G. S. Alcalá, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise comparativa entre fotogrametria digital e 3D Gaussian Splatting para documentação forense de vestígios veiculares

M. F. A. Silva[a,*], A. R. Cukla[b], S. G. S. Alcalá[c]

[a]*Superintendência de Polícia Técnico-Científica, Goiânia (GO), Brasil*
[b]*Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS), Brasil*
[c]*Universidade Federal de Goiás, Goiânia (GO), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: fernando.esilva@goias.gov.br. Tel.: +55-64-99266-8503.*

Palavras-chave: COLMAP; Fotogrametria; Gaussian Splatting; Perícia Veicular; Reconstrução 3D

A documentação técnica de vestígios em veículos acidentados é etapa fundamental para a reconstrução da dinâmica de colisões, subsidiando laudos periciais com informações métricas e morfológicas [1]. A fotogrametria digital baseada em Structure-from-Motion e Multi-View Stereo (SfM-MVS), implementada em softwares como o COLMAP [2], consolidou-se como ferramenta padrão por seu custo-benefício, mas apresenta limitações: a densificação da nuvem de pontos demanda horas [3], e superfícies desafiadoras - vidros, pintura metálica e superfícies de baixa textura - geram falhas no modelo [4].

Recentemente, o método 3D Gaussian Splatting (3DGS) emergiu como alternativa disruptiva, representando a cena por milhões de primitivas gaussianas anisotrópicas que permitem treinamento significativamente mais rápido e renderização fotorrealista em tempo real [5]. O modelo splatfacto-big do framework Nerfstudio [6] viabiliza sua aplicação em contextos forenses. Contudo, a literatura forense carece de estudos comparativos controlados que validem a acurácia métrica e a qualidade visual do 3DGS comparado ao pipeline tradicional SfM-MVS utilizando o mesmo conjunto de dados de entrada, métricas objetivas de avaliação [7,8] e infraestrutura computacional de baixo custo baseada em nuvem.

Sendo assim, este trabalho apresenta uma comparação experimental entre o SfM-MVS (COLMAP) e o 3DGS (Nerfstudio/splatfacto-big) aplicada a um caso real de colisão veicular. O objeto de estudo é um Fiat Mobi 2022 com vestígios de impacto lateral direito. Foram capturadas 327 imagens com câmera DSLR Canon R7 (32,5 MP) em aproximadamente 4 minutos, seguindo 3 órbitas concêntricas ao redor do veículo. Todo o processamento foi executado em uma instância de nuvem com GPU NVIDIA RTX 3090, 15 vCPUs e 64 GB RAM, a um custo de USD 0,17/h. As imagens foram redimensionadas para 3,8 MP visando otimização computacional. A avaliação abrangeu quatro eixos: desempenho temporal, volume de dados gerados, qualidade visual objetiva - PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio), SSIM (Structural Similarity Index), LPIPS (Learned Perceptual Image Patch Similarity) sobre 32 poses renderizadas) [7,8] - e precisão métrica (Erro Médio Absoluto - MAE). A correção de escala dos modelos foi realizada utilizando a distância entre eixos do veículo como referência métrica [9], com medições extraídas nos softwares MeshLab e Supersplat sem alteração geométrica dos arquivos originais.

Os resultados demonstram vantagens expressivas do 3DGS comparado ao SfM + MVS. O tempo total de processamento foi reduzido em 77% (de 7h13min no COLMAP para 1h39min no 3DGS), com custo computacional de apenas USD 0,28. O volume de dados gerados caiu de 39,5 GB para 3,38 GB (redução de ~91%), simplificando o armazenamento e o compartilhamento de evidências digitais. A qualidade visual do 3DGS mostrou-se superior, com PSNR de 20,8 dB, SSIM de 0,695,

LPIPS de 0,280 e renderização fluida a aproximadamente 20 FPS, preservando detalhes em superfícies reflexivas e de baixa textura. A precisão métrica do 3DGS (MAE = 21,5 mm) é compatível com a documentação de macrovestígios em acidentes de trânsito, situando-se próxima à acurácia de métodos fotogramétricos já consolidados na rotina pericial. A pequena vantagem do MVS (MAE = 14,5 mm) em acurácia geométrica era esperada, dado que o pipeline de densificação otimiza explicitamente a consistência da superfície [3].

Conclui-se que o 3D Gaussian Splatting constitui uma ferramenta economicamente viável e operacionalmente eficiente para a documentação forense veicular, agregando confiabilidade métrica compatível com as exigências periciais. Recomenda-se, portanto, sua adoção como fluxo preferencial para documentação visual e medições, reservando-se o COLMAP MVS apenas quando forem necessárias malhas sólidas para simulações estruturais. Estudos futuros devem avaliar a robustez do método em condições adversas de iluminação e com ground truth mais denso.

REFERÊNCIAS:

[1] V. Berezowski; X. Mallett; I. Moffat. Geomatic techniques in forensic science: A review. Sci. Justice 60: 99-107 (2020).

[2] J.L. Schönberger; J.M. Frahm. Structure-from--Motion Revisited. Anais do IEEE CVPR. 4104-4113 (2016).

[3] J.L. Schönberger; E. Zheng; J.M. Frahm; M. Pollefeys. Pixelwise View Selection for Unstructured Multi-View Stereo. Anais do ECCV. 501-518 (2016).

[4] K. Bartoš et al. Cross-Polarized SfM Photogrammetry for the Spatial Reconstruction of Challenging Sur-faces. Remote Sens. 15: 4481 (2023).

[5] B. Kerbl; G. Kopanas; T. Leimkühler; G. Drettakis. 3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering. ACM Trans. Graph. 42: 139 (2023).

[6] M. Tancik et al. Nerfstudio: A Modular Framework for Neural Radiance Field Development. Anais do ACM SIGGRAPH 2023. 1-12 (2023).

[7] Z. Wang; A.C. Bovik; H.R. Sheikh; E.P. Simoncelli. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity. IEEE Trans. Image Process. 13: 600-612 (2004).

[8] R. Zhang et al. The Unreasonable Effectiveness of Deep Features as a Perceptual Metric. Anais do IEEE/CVF CVPR. 586-595 (2018).

[9] FIAT. Manual do Proprietário Fiat Mobi 2022. Fiat Automóveis, Brasil (2022).

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Revisão de casos de desabamento por ruptura de consolo em concreto pré-moldado: achados periciais, retroanálises e recomendações

J .A. Wissmann[a b, *], M. Mazzuco[b], J. H. Freitas[c], G. L. Dutra[a]

[a]*Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel (PR), Brasil*
[b]*Polícia Científica do Estado do Paraná, (PCIPR), Cascavel e Toledo (PR), Brasil*
[c]*Polícia Científica do Estado do Santa Catarina, (PCISC), Criciúma (SC), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência jorge.wissmann@unioeste.br. Tel.: +55-45-99925-0100*

Palavras-chave: desabamentos, ruptura frágil, ensaio experimental, simulação numérica, Engenharia Forense.

Este artigo revisa criticamente quatro ocorrências reais de colapso de consolos em estruturas de concreto armado (pré-moldadas e moldadas em obra), com base em documentos periciais oficiais e estudos técnico-científicos. São discutidos: (A) um desabamento durante concretagem com vítimas fatais em Foz do Iguaçu–PR; (B) um desabamento parcial de mezanino em Criciúma – SC, envolvendo consolo de viga pré-moldada não monolítico; e (C) um sinistro em obra comercial em Caçapava do Sul - RS, no qual se identificaram inversão de armadura principal do consolo, subarmada transversal e presença de EPS na ligação viga–consolo, além de análise numérica pelo Método dos Elementos Finitos (MEF); (D) um sinistro em obra pública no PR, no qual se identificaram inversão de armadura principal do consolo invertida, desprovida de laço de ancoragem.

Consolos são elementos curtos em balanço que transferem esforços de vigas/lajes para pilares ou vigas suporte. Seu dimensionamento exige modelos de bielas e tirantes (MBT) e/ou atrito cisalhamento. Em pré-moldados, ligações e ancoragens são críticas por concentrarem esforços e dependerem de detalhes construtivos e montagem, muitas vezes sob cargas imprevistas.

A metodologia empregada foi a de revisão de documentos primários (laudos e artigo técnico) e extração de dados: tipologia estrutural, configuração do consolo, evento de colapso, vestígios críticos, carregamentos, confrontos normativos, retroanálises (ensaios/protótipos/MEF) seguida de conclusões.

O objetivo foi comparar quatro casos reais, identificando causas raízes, modos de ruína e lições aplicáveis:

Caso	Contexto	Achados/Vestígios	Normas/Modelos	Resultados/Conclusões
A	Durante concretagem; ruptura de consolo em formato L e queda de viga/painéis.	Armação divergente do projeto, sobrecarga pela espessura excessiva da capa;	Discussão do MBT e atrito cisalhamento em consolos curtos;	Detalhamento inadequado e sobrecarga não prevista; ensaios demonstraram.
B	Sobrecarga de blocos cerâmicos sobre laje apoiada em viga.	Estrutura não monolítica; ausência de armadura exigida, NBR 9062.	Detalhamento do consolo em não conformidade.	Ausência de ancoragem; carga distribuída excedeu a capacidade. mal detalhado.
C	Lajes “Pi” apoiadas em vigas; colapso parcial durante obra.	Inversão do tirante principal; presença de EPS.	Análise numérica (MEF) mostrou falha em estribos e ancoragem.	Modelo corrigido conforme NBR apresentou maior ductilidade e rigidez.
D	Ruptura do consolo seguida de viga e lajes.	Detalhamento com laço invertido, fora de norma	Três tipos de detalhamento avaliados por dois métodos: Machado (1998) e NBR 9062.	Modelos reduzidos superaram carga de projeto; mas Tipo 1 (falha frágil), 2 e 3 (falha dúctil).

Os casos demonstram que consolo é diferente de uma viga pequena em balanço para a/d ≤ 1,0, que se deve utilizar o MBT e/ou atrito cisalhamento, com estribos horizontais e armaduras de ancoragem. A ausência ou inversão do tirante (caso D) e ancoragens insuficientes (casos A e D) levam a colapso frágil. Interfaces concretadas em etapas distintas exigem tratamento; sem isso, a ruptura tende a se planificar (Caso B). Materiais estranhos (Caso C) reduzem a capacidade resistente da estrutura. As seguintes recomendações podem ser enfatizadas:

- Modelar consolos curtos por MBT/atrito cisalhamento; usar armaduras iguais às do tirante.
- Detalhar ancoragens e estribos horizontais contínuos; evitar modos frágeis.
- Proibir materiais estranhos; tratar interfaces; registrar escoramentos e cargas transitórias.
- Inspecionar armações antes da concretagem; fotografar e medir.
- Planejar situações transitórias com escoramentos e limites de carga.
- Estimular retroanálises e capacitar equipes em NBR 9062.

Por fim, fica evidenciado que o elo fraco em pré-moldados está nos consolos e interfaces – não pela capacidade global, mas por detalhes normativos simples que, quando omitidos ou mal executados, geram ruínas frágeis. Armaduras de transferência, ancoragens coerentes com MBT e planejamento de cargas transitórias são decisivos. Ensaios e MEF validam hipóteses periciais e ajudam a evitar recorrências.

REFERÊNCIAS:

ABNT. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2026.

ABNT. NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas. Rio de Janeiro, 2018.

ABNT. NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2017.

DUTRA, G. L. Avaliação numérica de viga pré-moldada sinistrada. Trabalho de Conclusão de Curso (Eng. Civil) – UNIOESTE, Cascavel, 2025.

MACHADO, C. P. Consolos curtos e muito curtos de concreto armado. 1998. 28f. Tese de doutorado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 1998.

RIO GRANDE DO SUL. Instituto Geral de Perícias. Laudo pericial nº 21586/2022. Departamento de Criminalística. Caçapava do Sul–RS, 2022.

SANTA CATARINA. Polícia Científica de Santa Catarina. Laudo pericial nº 2025.19. Superintendência Regional – Criciúma-SC, 2024.

WISSMANN, J. A.; SILVEIRA, J. A.; RUHNKE, L. B.; LEITE, J. Análise de desabamento com vítimas fatais durante concretagem devido a ruptura de consolo pré-moldado. XXVI Congresso Nacional de Criminalística (CNC), 2022.

WISSMANN, J. A.; MAZZUCO, M. Estudo de caso de acidente com morte em estrutura pré-moldada: análise experimental de caso de ruína de consolo pré-fabricado em concreto armado. Revista A Barriguda, Campina Grande, v. 6 (n. especial), p. 475-493, ago. 2016.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Airbag e EDR – funcionamento, extração de dados e sua utilização forense Takata e outros casos

W. Kauffmann Neto

Kauffmann Engenharia Ltda., Porto Alegre (RS), Brasil
Perito Judicial, Tribunal de Justiça do Estado do Rio Grande do Sul (TJRS) e Tribunal de Justiça do Estado da Bahia (TJBA), Brasil
**Endereço de e-mail para correspondência: walter@kauffmann.eng.br. Tel.: 51 981969030*

Palavras-chave: Airbag e EDR – Funcionamento, Extração de Dados e sua Utilização Forense.

Veículos modernos incorporam sistemas eletrônicos capazes de monitorar continuamente parâmetros operacionais relacionados à dinâmica veicular, ao comportamento do condutor e à ocorrência de eventos anormais. Entre esses sistemas destacam-se os módulos de airbag e os Event Data Recorders (EDR), capazes de registrar informações técnicas relevantes imediatamente antes, durante e após determinados eventos, como colisões, desacelerações severas e acionamentos dos sistemas de segurança. A crescente disponibilidade dessas informações tem ampliado sua utilização em investigações de acidentes, perícias judiciais e procedimentos de criminalística.



Entretanto, apesar da crescente utilização dos dados extraídos desses sistemas, ainda existe significativa dificuldade de compreensão acerca de seu funcionamento, das condições em que os registros são produzidos e das limitações inerentes à interpretação dessas informações. Frequentemente observa-se a percepção equivocada de que os registros eletrônicos constituem evidência absoluta ou autossuficiente, dispensando análise contextual e correlação com os demais vestígios materiais do evento.



A literatura técnica internacional e a experiência acumulada em reconstrução de acidentes demonstram que os sistemas EDR constituem importante fonte de evidência digital, porém sujeita a limitações relacionadas à arquitetura do fabricante, aos critérios de gravação, à disponibilidade dos dados, à preservação dos módulos eletrônicos e à correta interpretação dos parâmetros registrados. A compreensão desses aspectos é fundamental para a adequada utilização forense da tecnologia.



O presente trabalho apresenta os princípios de funcionamento dos sistemas de airbag e EDR, os procedimentos de extração de dados e os principais parâmetros disponibilizados para análise pericial. São abordados aspectos relacionados à obtenção dos registros, interpretação dos dados gravados, limitações técnicas dos sistemas e integração das informações eletrônicas com os demais elementos de prova disponíveis na reconstrução de acidentes.

A metodologia baseia-se na análise de casos reais envolvendo a utilização de dados extraídos de módulos automotivos, abrangendo situações relacionadas à determinação de velocidade, frenagem, aceleração, acionamentos do condutor, alegações de falha mecânica e reconstrução da dinâmica dos eventos. Os resultados demonstram que os registros eletrônicos podem contribuir significativamente para a elucidação de controvérsias técnicas, permitindo maior objetividade na produção da prova pericial e na determinação das responsabilidades envolvidas.

Conclui-se que os sistemas EDR representam uma das mais relevantes fontes de evidência digital atualmente disponíveis na investigação de acidentes de trânsito. Contudo, sua utilização exige conhecimento técnico específico, procedimentos adequados de extração e interpretação criteriosa dos dados obtidos. Quando corretamente empregados e correlacionados com os demais vestígios materiais, os registros eletrônicos constituem ferramenta de elevado valor probatório para a criminalística e para a produção da prova técnica.

REFERÊNCIAS:

Fischetti, M., “Data Driven,” Scientific American, pp. 90-91, February 2004.

Oldenburg, D., “The Snoop in Your Coupe; Data Recorders Interest Parent, Police,” The

Washington Post, p A01-A05, September 9, 2003.

National Highway Traffic Administration, United States Department of Transportation,

Event Data Recorders—Request for Comments, 67 Fed. Reg. 63493, Docket No.

NHTSA-02-13546; Notice 1. RIN 2127-AI72, Oct. 11, 2002 (2002)

Schmidt, B.W., and J. Williams “‘Black box’ in Janklow’s car may yield clues in fatal

crash”, Argus Leader, Sioux Falls, SD, 8/19/2003.

-, “GM sued over automobile ‘black boxes’” USA Today, 12/01/2000

Pre-Crash Data, -5 to 0 seconds (1st Prior Event, TRG 6)

Time (sec)	-4.9	-4.4	-3.9	-3.4	-2.9	-2.4	-1.9	-1.4	-0.9	-0.4	0 (TRG)
Vehicle Speed (MPH [km/h])	13.7 [22]	16.2 [26]	19.9 [32]	23 [37]	24.9 [40]	28 [45]	29.2 [47]	29.8 [48]	34.8 [56]	27.3 [44]	19.9 [32]
Accelerator Pedal, % Full (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Percentage of Engine Throttle (%)	99.5	99.5	99.5	99.5	100.0	99.5	33.5	35.5	27.0	3.5	0.0
Engine RPM (RPM)	2,800	3,500	4,200	4,500	4,600	4,600	4,700	4,900	5,400	4,200	3,000
Motor RPM (RPM)	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid
Service Brake, ON/OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Brake Oil Pressure (Mpa)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
Longitudinal Acceleration , VSC Sensor (m/sec^2)	2.700	3.087	3.661	2.656	1.866	1.507	0.861	0.646	-4.450	-1.148	-6.676
Yaw Rate (deg/sec)	-28.30	-17.57	9.76	-5.86	-14.15	7.81	19.03	18.54	4.88	54.66	-4.39
Steering Input (degrees)	-205.5	-91.5	34.5	-34.5	-96.0	90.0	88.5	63.0	130.5	145.5	133.5
Shift Position	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Limitações da Equação de Torricelli na Estimativa de Velocidade por Marcas de Frenagem

W. Kauffmann Neto[c]

Kauffmann Engenharia Ltda., Porto Alegre (RS), Brasil
Perito Judicial, Tribunal de Justiça do Estado do Rio Grande do Sul (TJRS) e Tribunal de Justiça do Estado da Bahia (TJBA), Brasil
**Endereço de e-mail para correspondência: walter@kauffmann.eng.br. Tel.: 51 981969030*

Palavras-chave: reconstrução de acidentes; frenagem; velocidade; dinâmica veicular; perícia de trânsito..

A estimativa da velocidade de veículos por meio da análise de marcas de frenagem constitui uma das técnicas mais difundidas na reconstrução de acidentes de trânsito. Entre os métodos empregados para essa finalidade, destaca-se a aplicação da equação de Torricelli associada ao coeficiente de atrito pneu-pavimento, procedimento amplamente presente em manuais técnicos, softwares de reconstrução, cursos de formação e atividades periciais. Sua ampla aceitação decorre da simplicidade matemática, da facilidade de aplicação e da possibilidade de obtenção de estimativas rápidas de velocidade a partir de vestígios materiais observados no local do sinistro.

Entretanto, a utilização cotidiana desse método frequentemente ignora as hipóteses físicas que fundamentam sua validade. A formulação clássica pressupõe desaceleração constante, coeficiente de atrito invariável, distribuição estática de carga, frenagem homogênea e ausência de interferência de sistemas eletrônicos de controle veicular. Tais condições raramente são integralmente observadas em acidentes reais, especialmente em veículos modernos equipados com sistemas ABS, EBD, ESC e demais tecnologias de gerenciamento dinâmico da frenagem.



Os principais trabalhos de reconstrução de acidentes e dinâmica veicular, representados por autores como Baker, Fricke, Brach, Gillespie, Wong, Limpert e Rajamani, reconhecem a complexidade do fenômeno da frenagem e a influência de múltiplas variáveis na dissipação da energia cinética. Apesar disso, observa-se que, na prática pericial cotidiana, a equação de Torricelli é frequentemente empregada como ferramenta direta de estimativa de velocidade, muitas vezes sem avaliação aprofundada das limitações impostas pelas condições específicas do evento analisado.

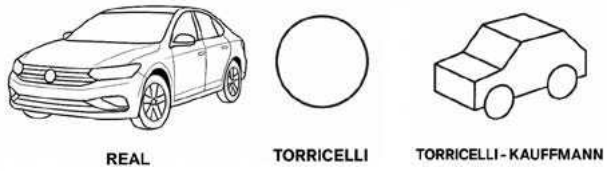
O presente trabalho propõe uma análise crítica da aplicação da equação de Torricelli em perícias de trânsito, examinando as hipóteses fundamentais do modelo e comparando-as com as condições efetivamente observadas em cenários reais de frenagem. Para isso, são discutidos aspectos relacionados à variação do coeficiente de atrito em função do escorregamento, à transferência dinâmica de carga entre os eixos, à atua-

ção de sistemas eletrônicos de controle, à distribuição não uniforme das forças de frenagem e às dificuldades associadas à determinação da efetiva distância de desaceleração utilizada nos cálculos.

$$v = \sqrt{\frac{2}{m}\int_0^{\Delta s} \mu(s)\cdot N(s)\,ds}$$

Como instrumento de análise, é apresentada uma formulação conceitualmente ampliada baseada na integração da força de atrito variável e na consideração da distribuição dinâmica das forças normais sobre as rodas. O objetivo dessa formulação não é substituir os métodos tradicionalmente empregados na prática pericial, mas demonstrar a quantidade de variáveis físicas envolvidas no processo de frenagem e evidenciar as simplificações inerentes ao modelo clássico.

$$v = \sqrt{\frac{2}{m}\int_0^{\Delta s} \sum_{i=1}^{4} \mu_i(s)\cdot\left[N_i^{est} \pm \frac{1}{2}\cdot\frac{m\cdot a_{máx}\cdot h}{L}\cdot f(v(s))\right] ds}$$



Os resultados obtidos indicam que diversas hipóteses necessárias à aplicação rigorosa da equação de Torricelli raramente são verificadas em eventos reais. Foram identificadas limitações relacionadas à variabilidade do atrito, à transferência dinâmica de carga, à atuação de sistemas eletrônicos de frenagem, às diferenças de aderência entre rodas e à incerteza associada à identificação da distância efetiva de frenagem. Tais fatores podem produzir desvios relevantes entre a simplificação teórica e o comportamento físico efetivamente observado.

Conclui-se que a equação de Torricelli permanece uma ferramenta útil como aproximação inicial e instrumento didático para compreensão dos processos de desaceleração veicular. Contudo, sua utilização como método isolado para determinação de velocidade exige cautela metodológica e adequada compreensão de suas hipóteses de validade. A principal contribuição deste trabalho consiste em promover uma reflexão crítica sobre os limites de aplicação de um dos métodos mais difundidos da reconstrução de acidentes, contribuindo para o aprimoramento da prática pericial e para a interpretação tecnicamente adequada dos vestígios de frenagem.

REFERÊNCIAS:

Baker, J. Traffic Accident Reconstruction: Principles and Practice. Evanston: Northwestern University Center for Public Safety, 1998.

Brach, R.M. Vehicle Accident Analysis and Reconstruction Methods. Warrendale: SAE International, 2011.

Fricke, L.B. Traffic Accident Reconstruction. Volume 1. Evanston: Institute of Police Technology and Management, 1990.

Gillespie, T.D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. Warrendale: SAE International, 1992.

Limpert, R. Brake Design and Safety. 3. ed. Warrendale: SAE International, 2011.

Rajamani, R. Vehicle Dynamics and Control. 2. ed. New York: Springer, 2012.

Wong, J.Y. Theory of Ground Vehicles. 4. ed. Hoboken: Wiley, 2008.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

A Relevância da Assistência Técnica Pericial no Processo Criminal e a Discussão sobre o Dolo Eventual na Elucidação de Sinistros de Trânsito (Caso real)

R. Kleinubing[a], C. Tombinia[b]

[a]Engenheiro Mecânico CREA 82.641-D (PUCRS); Pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho e em Engenharia de Avaliações e Perícias; Perito Criminalístico; Perito Judicial; Especialista em Acidentes de Trânsito em Caráter; Coautor do livro Dinâmica dos Acidentes de Trânsito - 5a edição, Editora Millennium (2023).

[b]Advogado Criminalista. Mestre em Ciências Criminais pela PUC/RS, Esp. em Balística Forense e de Combate pela Verbo, Secretário da Geral Comissão Tribunal do Júri e Membro Comissão Direito Militar OAB/RS, Vice Pres. Comissão do Júri ABRACRIM/RS.

Email: ctombini@terra.com.br Tel. +55-51986118612

Palavras-chave: Engenharia forense, Sinistros de trânsito, Assistência técnica, Dolo eventual, Tribunal do Júri

1. INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO CASO

A dinâmica dos sinistros de trânsito é essencial para o enquadramento penal dos envolvidos, gerando debates sobre o elemento subjetivo do condutor. Este estudo analisa a interpretação de vestígios materiais e as repercussões jurídicas de um caso real.

2. METODOLOGIA PERICIAL APLICADA

A investigação baseou-se no exame técnico-científico do local e em seus vestígios. Contudo, a assistência técnica apresentou novas análises forenses, gerando intenso debate entre o Ministério Público e a defesa no Plenário do Júri.

3. A DISCUSSÃO JURÍDICA: DOLO EVENTUAL VS. CULPA CONSCIENTE

A materialidade e as circunstâncias geraram disputa entre dolo eventual e culpa consciente. O Ministério Público sustentou o dolo eventual qualificado (Art. 121, §2° IV do CP) devido à embriaguez, velocidade e pneus desgastados. A defesa pleiteou a desclassificação para homicídio culposo (Art. 302 do CTB), alegando tentativa de frenagem, fatores viários e análises de câmeras de monitoramento.

Embora o etilômetro tenha positivado, exames clínicos e toxicológicos deram negativo para alteração psicomotora. Mesmo assim, a acusação sustentou o dolo com base na velocidade e em testemunhos. Após decisões conflitantes, o STJ restabeleceu a pronúncia para que o Tribunal do Júri decida sobre o dolo eventual.

4. O DESFECHO JUDICIAL EM PLENÁRIO E A SOLUÇÃO HÍBRIDA DO CASO

O julgamento pelo Conselho de Sentença resultou em uma delimitação jurídica híbrida. Os jurados acolheram o dolo eventual estritamente para o homicídio consumado da passageira fatal, condenando o réu nas sanções do Artigo 121, caput, do Código Penal.

Contudo, operou-se uma cisão dogmática em relação às três vítimas sobreviventes que tripulavam o veículo: o Conselho de Sentença afastou o dolo e determinou a desclassificação. Com isso, a competência para a fixação da pena das condutas desclassificadas foi outorgada ao Juiz-Presidente, que enquadrou as lesões corporais no Artigo 303 do Código de Trânsito Brasileiro (lesão corporal culposa na direção de veículo automotor. O magistrado destacou que a imprudência ficou materializada pelo binômio velocidade excessiva e influência de álcool.

Adicionalmente, o réu foi absolvido da imputação autônoma de embriaguez ao volante (Artigo 306 do

CTB). Na dosimetria, fixou-se o concurso material benéfico (concurso híbrido), totalizando uma pena definitiva de 5 anos de reclusão e 1 ano e 4 meses de detenção em regime inicial semiaberto. Este desfecho reforça a complexidade prática na dosagem penal de sinistros automobilísticos graves, onde o mesmo contexto fático recebeu respostas penais distintas (dolosa e culposa) para os diferentes resultados gerados.

5. CONCLUSÃO E CONTRIBUIÇÃO PARA A CRIMINALÍSTICA

O estudo demonstra que a correta preservação e o exame metodológico dos vestígios em locais de crime no trânsito são indispensáveis não apenas para a reconstrução física do acidente, mas para delimitar as fronteiras dogmáticas do direito penal. A correta abordagem pericial, hoje reforçada pela formalização da figura do assistente técnico no crime, oferecem o suporte empírico necessário para que o Judiciário avalie a previsibilidade do resultado e a conduta do agente, reafirmando o papel essencial da Engenharia Forense aplicada aos sinistros de trânsito na materialização da justiça criminal.

REFERÊNCIAS:

Tocchetto, D. e *Espindula, A.* - CRIMINALÍSTICA: PROCEDIMENTOS E METODOLOGIAS, 5ª Edição (2022), Editora Millennium

Negrini N., O e *Kleinubing, R.* - DINÂMICA DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO, 5ª Edição (2023), Editora Millennium

Mitidieiro N. – CRIMES DE TRÂNSITO E CIRCULAÇÃO EXTRATRÂNSITO, COMENTÁRIOS À PARTE PENAL DO CTB, São Paulo , 2015, Ed. Saraiva.

De Araujo, J – CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO, 6ª Edição. 2016. Ed. Letras Jurídicas.

Nucci, G. CÓDIGO PENAL COMENTADO. São Paulo. 26ª Edição. 2026. Ed. Forense.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Retroanálise da estabilidade geotécnica em um caso de deslizamento de talude no aterro sanitário da Região Metropolitana de Curitiba

B. T. Otsuka[a,*], E. G. F. Mercuri[b], M. P. N. e Silva[c]

[a]*Polícia Científica do Paraná, Seção de Perícias Ambientais, Curitiba (PR), Brasil*
[b]*Universidade Federal do Paraná, Dpto. de Engenharia Ambiental, Setor de Tecnologia, Curitiba (PR), Brasil*
[c]*Polícia Científica do Paraná, Posto Avançado de Irati (PR), Brasil*
**Endereço de e-mail para correspondência: bruno.tonel@policiacientifica.pr.gov.br. Tel.: +55-41-99911-1197.*

Palavras-chave: estabilidade de taludes; aterro sanitário; Bishop Simplificado; geotecnia ambiental; resíduos sólidos urbanos.

No presente trabalho será abordado o caso de deslizamento de talude em aterro sanitário localizado no município de Fazenda Rio Grande, utilizado para deposição de resíduos sólidos urbanos da Região Metropolitana de Curitiba, Paraná. Na ocasião, ocorreu um deslizamento na face oeste do aterro sanitário, que apresentava uma altura total aproximada de quarenta e cinco metros. A ruptura ocasionou danos ambientais devido ao movimento de massa e exposição de resíduos em decomposição, além da contaminação pelo chorume que atingiu um afluente do Rio Iguaçu. Houve a liberação de biogases oriundos do interior da massa de resíduos, gerando impactos à vizinhança, devido à dispersão atmosférica de gases e forte odor, atraindo uma grande quantidade de animais e vetores. Houve a morte de um operador de escavadeira que realizava ação de deposição de solo no pé do talude em uma tentativa de contenção emergencial do movimento de massa. Durante as análises periciais dos projetos de engenharia e estudos ambientais referentes às fases de construção e operação do aterro sanitário, obtiveram-se relatórios anuais de automonitoramento geotécnico elaborados pela empresa gestora do aterro e apresentados ao órgão ambiental para cumprimento de condicionantes ao licenciamento ambiental. Tais relatórios apresentaram análises da estabilidade de taludes, através de software que estima o Fator de Segurança (FS) nas seções críticas, considerando a geometria do aterro e parâmetros geotécnicos dos materiais constituintes. Os valores de FS estimados nos relatórios foram confrontados com os valores definidos na NBR 11.682 para análise da estabilidade geotécnica. Em resumo, esses relatórios apresentados pela empresa apontavam em todos os cenários situações de estabilidade, visto que em nenhuma das simulações o FS calculado apresentava-se abaixo de 1.5. Entretanto, o que se observou foi uma simplificação dos parâmetros geotécnicos nas simulações computacionais, bem como a falta de referências bibliográficas ou ensaios laboratoriais para definição desses parâmetros. Outro fator que gerou incerteza é a falta de monitoramento piezométrico na maior parte da área do aterro durante boa parte de sua vida útil, o que acarretou na suposição de níveis de saturação subestimados nas análises. O somatório dessas simplificações gerou fatores de segurança sempre acima de 1.5, que é o valor limite definido pela NBR 11.682 para estabilidade de taludes, sugerindo, assim, cenários hipotéticos em que os taludes monitorados se encontravam em situação de plena estabilidade. O presente trabalho tem objetivo de apresentar reconstituição das condições anteriores à ruptura e promover uma retroanálise de estabilidade em comparação aos resultados de automonitoramento geotécnico apresentados anualmente pela empresa. Através de simulações computacionais realizadas no software *D-Stability*, específico para análise de estabilidade de taludes e encostas, analisou-se diferentes cenários e calibrações das variáveis geotécnicas de

entrada, como peso específico, coesão, ângulo de atrito e grau de saturação, em relação aos efeitos produzidos no FS que reflete a estabilidade do talude. Tais calibrações evidenciaram que os relatórios anuais de automonitoramento geotécnico produzidos pela empresa gestora do aterro sanitário, apresentavam FS superestimados, tendo em vista a notória simplificação das condições de contorno e parâmetros geotécnicos. Os resultados mostraram que antes do preenchimento da última camada de resíduos, o talude já apresentava uma situação de iminente instabilização, com FS próximo a 1.0, na qual as forças de resistência ao cisalhamento igualavam-se às forças solicitantes, considerando o pico histórico de medição piezométrica. Após o preenchimento da última camada, os esforços solicitantes aumentaram significativamente e, consequentemente, reduziram o fator de segurança para aproximadamente 0.8, cenário em que o somatório de forças de mobilização de massa tornou-se superior ao somatório das forças de resistência ao cisalhamento, gerando a instabilização do aterro sanitário e a ruptura do talude.

REFERÊNCIAS:

Das, B. M., & Sivakugan, N. 2017. Fundamentals of geotechnical engineering. Cengage Learning.

Gerscovich, D.M.S., Vargas, E.A., De Campos, T.M.P. 2023. Estabilidade de taludes. Solos não saturados no contexto geotécnico, cap. 25, pp.867-891.

Van Der Meij, R. 2019. D-Stability: slope stability software for soft soil engineering – User Manual: Installation Manual, Tutorial, Scientific Background and Reliability Background. Delft: Deltares.

Wissmann, J.A. & Outros. 2024. Engenharia Forense: Desabamentos e Soterramentos. Editora Millennium.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Título pleno do trabalho: Inteligência Artificial Especializada Aplicada à Investigação Pericial de Incêndios: Apoio Metodológico e Padronização do Raciocínio Causal

L. G. Dias[a,*]

[a]*Instituto de Criminalística, Superintendência da Polícia Técnico-Científica, São Paulo (SP), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: leandro.lgd@policiacientifica.sp.gov.br. Tel.: +55-12-98139-1189.*

Palavras-chave: inteligência artificial; investigação de incêndios; sistema especialista; engenharia forense; método científico.

1. INTRODUÇÃO

A investigação pericial de incêndios exige interpretação integrada dos vestígios térmicos, análise de possíveis fontes de ignição, avaliação do comportamento do fogo e validação contínua das hipóteses causais formuladas durante os exames. A complexidade dos cenários investigados, associada à necessidade de uniformização metodológica e preservação da expertise institucional, evidencia a importância do desenvolvimento de ferramentas assistivas aplicadas à atividade pericial.

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento do Prometeu, sistema especialista baseado em inteligência artificial voltado ao apoio metodológico da investigação pericial de incêndios. A proposta foi concebida para auxiliar a organização técnica da análise, o raciocínio causal e a estruturação narrativa dos laudos, mantendo a análise crítica e a validação técnico-científica sob responsabilidade do perito.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A estrutura assistiva foi implementada sobre Modelo de Linguagem de Grande Escala (Large Language Model - LLM), customizado com direcionamento metodológico específico para investigação pericial de incêndios. O sistema foi desenvolvido com base em bibliografia técnico-científica especializada, manuais operacionais, procedimentos institucionais padronizados e aproximadamente 300 laudos periciais de incêndio de autoria do pesquisador, previamente anonimizados, utilizados para alinhamento terminológico, compatibilização narrativa e aproximação operacional com a prática pericial.

Entre os referenciais empregados destacaram-se a NFPA 921, Kirk's Fire Investigation e literatura especializada em dinâmica do fogo, análise de danos elétricos, reconstrução de incêndios, interpretação de vestígios e procedimentos técnicos aplicados à investigação pericial.

Os casos utilizados no desenvolvimento e na aplicação da ferramenta foram previamente descaracterizados, mediante supressão de nomes, endereços, números de procedimentos e demais elementos identificadores. As imagens eventualmente utilizadas também foram selecionadas ou tratadas de forma a preservar informações identificadoras.

Foram observadas práticas de anonimização prévia, minimização das informações submetidas, preservação do sigilo funcional e proteção de dados, mantendo-se a supervisão humana durante a utilização da ferramenta.

A metodologia foi estruturada segundo as etapas de reconhecimento do problema, coleta de dados, análise dos vestígios, formulação de hipóteses, teste de compatibilidade causal e validação técnica. O sistema foi configurado com restrições inferenciais e para atuação assistiva na organização, correlação e apresentação de informações técnico-científicas, permanecendo a interpretação pericial e as conclusões submetidas à revisão crítica e validação do perito responsável.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre as funcionalidades implementadas destacaram-se o apoio à organização do raciocínio causal, interpretação e correlação de padrões térmicos, delimitação preliminar de zonas de interesse, organização de hipóteses, estruturação técnica de seções descritivas dos exames e auxílio à elaboração objetiva de informações destinadas às respostas aos quesitos.

Até o período avaliado, 88 casos reais de investigação de incêndio foram trabalhados com suporte assistivo do Prometeu, permitindo avaliar sua aplicação prática, aderência metodológica e compatibilidade com o fluxo operacional da atividade pericial.

A utilização indicou redução do tempo de organização das informações e estruturação do texto pericial, além de melhora percebida no fluxo de trabalho durante a elaboração sequencial de documentos. Em observações operacionais realizadas durante o desenvolvimento, verificou-se redução aproximada de 50% a 60% no tempo de estruturação de determinados laudos. O resultado possui caráter observacional e não decorre de estudo controlado especificamente destinado à mensuração desse desfecho.

Em uma das rotinas operacionais acompanhadas, foram confeccionados oito laudos periciais de incêndio em um único dia de trabalho, com elaboração sequencial nos períodos matutino e vespertino, mantendo padronização narrativa e consistência estrutural.

3.1. Governança e supervisão humana

o Prometeu possui caráter exclusivamente assistivo e não se caracteriza como sistema decisório, sistema pericial automatizado ou “perito digital”. O perito permanece como humano no circuito (human in the loop), responsável pela análise crítica dos elementos técnicos, validação das hipóteses, conclusões e conteúdo final do laudo.

Em conformidade com os arts. 3º a 6º da Portaria SPTC-30/2026, a utilização demonstrada restringe-se à organização, consolidação e redação de seções descritivas. A formulação autônoma de conclusões periciais, respostas definitivas a quesitos ou inferências valorativas e decisivas sobre vestígios não integra a finalidade da ferramenta.

Tabela 1. Distribuição mensal dos casos analisados com suporte assistivo do sistema.

Período	Casos
Ago/25	10
Set/25	10
Out/25	9
Nov/25	25
Jan/26	1
Fev/26	10
Mar/26	10
Abr/26	8
Mai/26	5
Total	**88**

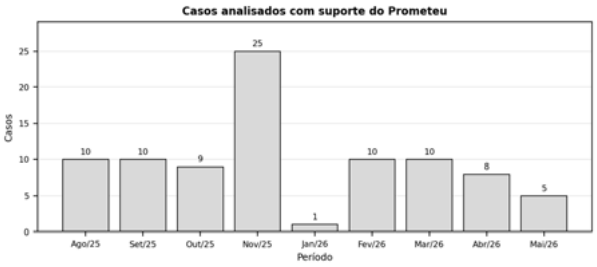


Figura 1. Distribuição temporal dos 88 casos analisados com suporte do Prometeu nos nove períodos documentados entre agosto de 2025 e maio de 2026.

3.2. Exemplo de fluxo assistivo em caso real anonimizado

figura 2. Coleta estruturada de informações e geração de minuta descritiva para revisão do perito. As telas foram previamente selecionadas de modo a não expor elementos identificadores do caso.

3.3. Aplicação assistiva

No fluxo demonstrado, o sistema solicita sete informações essenciais acerca dos exames, incluindo zona de origem, número e localização de focos, causa considerada pelo examinador, riscos verificados e observações complementares. O usuário fornece respostas objetivas e imagem previamente anonimizada, sem nomes, endereços, números de procedimentos ou metadados identificadores.

A ferramenta organiza os dados fornecidos e propõe uma minuta de seção descritiva. O texto gerado não constitui conclusão autônoma: o perito verifica cada afirmação, confronta-a com os vestígios e registros de campo, corrige ou rejeita trechos incompatíveis e decide o conteúdo que poderá integrar o laudo.

3.4. Discussão e limitações

Os resultados observados apontaram utilidade na organização do fluxo de trabalho, na recuperação de uma sequência metodológica consistente e na transformação de informações fornecidas pelo examinador em minuta tecnicamente estruturada. Entretanto, o

uso da ferramenta não comprova acurácia na determinação de origem ou causa e não valida, por si, qualquer hipótese pericial.

O desempenho depende da qualidade e completude das informações de entrada. Permanecem como riscos omissões, alucinações, reprodução acrítica de linguagem, viés de automação e inferências incompatíveis com os vestígios. Esses riscos exigem rastreabilidade das informações, revisão integral e liberdade do perito para corrigir, rejeitar ou reescrever o conteúdo sugerido.

4. CONCLUSÕES

A utilização prática do Prometeu em casos reais demonstrou potencial como ferramenta assistiva para padronização metodológica, organização do raciocínio causal, estruturação técnica da informação e melhoria do fluxo operacional na investigação pericial de incêndios.

Os resultados indicaram aplicabilidade da inteligência artificial especializada como suporte à atividade pericial, desde que mantidas a supervisão humana, a proteção das informações, as restrições inferenciais e a validação técnico-científica pelo perito responsável.

Os achados possuem caráter de pesquisa aplicada e justificam a continuidade dos estudos, especialmente mediante avaliação sistemática de desempenho, tempo de elaboração, consistência técnica e limitações do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] DEHAAN, John D.; ICOVE, David J. Kirk's Fire Investigation. 7. ed. Upper Saddle River: Pearson, 2012.

[2] ERLANDSSON, R.; STRAND, G. An investigation of physical characteristics indicating primary or secondary electrical damage. Fire Safety Journal, v. 8, p. 97-103, 1984/1985.

[3] NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 921: Guide for Fire and Explosion Investigations. Quincy, 2021.

[4] NIC DAÉID, Niamh (Ed.). Fire Investigation. Boca Raton: CRC Press, 2004.

[5] NEWMAN, Reta. Modern laboratory techniques involved in the analysis of fire debris samples. In: NIC DAÉID, Niamh (Ed.). Fire Investigation. Boca Raton: CRC Press, 2004.

[6] SHIPP, Martin. The use of laboratory reconstruction in fire investigation. In: NIC DAÉID, Niamh (Ed.). Fire Investigation. Boca Raton: CRC Press, 2004.

[7] STAUFFER, Eric. Sources of interference in fire debris analysis. In: NIC DAÉID, Niamh (Ed.). Fire Investigation. Boca Raton: CRC Press, 2004.

[8] TWIBELL, John D. Electricity and fire. In: NIC DAÉID, Niamh (Ed.). Fire Investigation. Boca Raton: CRC Press, 2004.

[9] SÃO PAULO (Estado). Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo. Manual de Fundamentos de Bombeiros.

[10] SANTA CATARINA (Estado). Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Manual de Investigação de Incêndios.

[11] SUPERINTENDÊNCIA DA POLÍCIA TÉCNICO-CIENTÍFICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. POP-CP-14 - Engenharia Forense: Incêndio em Edificações. Elaboração: André Moreira de Camargo; Fábio André Massa. São Paulo, 2025.

[12] SUPERINTENDÊNCIA DA POLÍCIA TÉCNICO-CIENTÍFICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Portaria SPTC nº 30, de 02 de julho de 2026. Diretrizes para o uso ético, responsável e seguro de ferramentas de Inteligência Artificial Generativa e soluções de tecnologia da informação aplicadas às atividades da SPTC. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 14 jul. 2026.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Retroanálise da estabilidade geotécnica em um caso de deslizamento de talude no aterro sanitário da Região Metropolitana de Curitiba

B. T. Otsuka[a,*], E. G. F. Mercuri[b], M. P. N. e Silva[c]

[a]*Polícia Científica do Paraná, Seção de Perícias Ambientais, Curitiba (PR), Brasil*
[b]*Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Ambiental, Setor de Tecnologia, Curitiba (PR), Brasil*
[c]*Polícia Científica do Paraná, Posto Avançado de Irati (PR), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: bruno.tonel@policiacientifica.pr.gov.br. Tel.: +55-41-99911-1197.*

Palavras-chave: estabilidade de taludes; aterro sanitário; Bishop Simplificado; geotecnia ambiental; resíduos sólidos urbanos.

1. INTRODUÇÃO

A estabilidade geotécnica de aterros sanitários representa um aspecto fundamental para a segurança ambiental e estrutural desses empreendimentos, especialmente devido às características geomecânicas de seu material constituinte, os resíduos sólidos urbanos, bem como devido à influência das águas pluviais. Neste trabalho foi realizada uma análise de estabilidade de talude de um aterro sanitário utilizando o software D-Stability, baseado no método de equilíbrio limite. O estudo considerou diferentes materiais geotécnicos, incluindo resíduos sólidos urbanos compactados, argilas, turfas e solos granulares. A metodologia empregou o método de Bishop Simplificado com busca automática de superfícies críticas de ruptura. Foram avaliados os parâmetros geotécnicos dos materiais, incluindo peso específico, coesão e ângulo de atrito interno, além da influência das pressões neutras e da linha piezométrica no interior do maciço de resíduos sólidos urbanos.

A disposição final de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários requer análises geotécnicas rigorosas para garantir a estabilidade dos maciços ao longo de sua vida útil. A presença de resíduos heterogêneos, solos compressíveis, elevada umidade, geração de biogases e alterações no nível freático tornam esses sistemas particularmente suscetíveis a processos de ruptura.

A estabilidade de taludes em aterros sanitários é influenciada por diversos fatores, incluindo:

- Heterogeneidade e propriedades geomecânicas dos resíduos;
- Propriedades geotécnicas da fundação;
- Processos de biodegradação e recalque dos resíduos;
- Eficiência do sistema de drenagem de líquidos percolados;
- Eficiência do sistema drenagem de biogases;
- Eficiência dos sistemas de impermeabilização de base e de cobertura;
- Método de preenchimento das camadas e geometria do aterro;
- Interferências de obras durante a vida útil do aterro sanitário.

Em regiões com ocorrência de solos orgânicos e turfas, os riscos associados a recalques excessivos e rupturas globais tornam-se ainda mais relevantes. Dessa forma, análises de equilíbrio limite constituem ferramentas fundamentais para avaliação da segurança geotécnica desses empreendimentos.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta uma análise de estabilidade geotécnica de um aterro sanitário utilizando o software D-Stability, com aplicação do método de Bishop Simplificado e consideração explícita dos efeitos das pressões neutras e da estratigrafia local.

2. ESTUDO DE CASO

No presente trabalho será abordado o caso de deslizamento de talude em um aterro sanitário localizado no município de Fazenda Rio Grande, utilizado para deposição de resíduos sólidos urbanos gerados em toda a Região Metropolitana de Curitiba, Paraná. Na ocasião, houve a ruptura de um talude formado, originalmente, por nove camadas de resíduos sólidos urbanos intercaladas com solo argiloso compactado, que estavam em processo de retaludamento, totalizando uma pilha com altura aproximada de quarenta e cinco metros. A ruptura ocasionou impactos ambientais no solo, água e ar na região de entorno, devido ao movimento de massa e exposição de resíduos em processo de decomposição, além do chorume que atingiu um afluente do Rio Iguaçu e a água subterrânea. Houve, também, a liberação de biogases que estavam acumulados no interior do aterro, gerando incômodos na vizinhança do aterro, devido à dispersão de gases e odor, o que atraiu uma grande quantidade de animais e vetores. Nesse evento, ocorreu a morte de um operador de escavadeira que realizava ação de movimentação de solos na região da base (pé) do talude em uma tentativa de contenção emergencial do movimento de massa.



Figura 1. Modelo digitalizado do talude obtido através do geoprocessamento de imagens capturadas por VANT.

Durante as análises periciais dos projetos de engenharia e estudos ambientais referentes às fases de construção e manutenção do aterro sanitário, obtiveram-se os relatórios anuais de monitoramento geotécnico elaborados pela empresa gestora do aterro, ao longo de seis anos, e apresentados ao órgão ambiental para cumprimento de condicionantes ao licenciamento ambiental de operação. Tais relatórios apresentaram análises da estabilidade de taludes, através de software que estima o Fator de Segurança (FS) nas seções críticas, considerando a geometria atual do aterro e os parâmetros geotécnicos de entrada no sistema. Os valores de FS estimados nos relatórios foram confrontados com os valores definidos na NBR 11.682 para análise da estabilidade geotécnica de cada seção simulada. Em resumo, esses relatórios apresentados pela empresa apontavam, em todos os cenários e seções críticas, uma situação de estabilidade dos taludes, visto que em nenhuma das simulações o FS calculado apresentava-se abaixo de 1.5. Entretanto, o que se observou foi a simplificação dos parâmetros geotécnicos de entrada nas simulações computacionais, bem como, a falta de referências bibliográficas ou ensaios laboratoriais para definição desses parâmetros. Um dos principais fatores que gerou incerteza é a falta de monitoramento piezométrico em grande parte da área do aterro durante quase toda a vida útil, o que acarretou na suposição de níveis de saturação subestimados nas seções críticas analisadas. A instalação de piezômetro na região do deslizamento ocorreu apenas em outubro de 2021, oito meses antes da ruptura, sendo que as primeiras medições já apontavam situação de saturação de aproximadamente 60% da massa de resíduos. O somatório dessas simplificações dos relatórios de monitoramento geotécnico gerou fatores de segurança acima de 1.5, que é o valor limite definido pela NBR 11.682 para estabilidade de taludes, sugerindo, assim, cenários hipotéticos em que os taludes monitorados se encontravam continuamente em situações de plena estabilidade.

2.1. Dinâmica do evento

Por meio da análise de imagens históricas de satélite foi possível investigar e compreender o processo construtivo e de formação da geometria do aterro sanitário. Observou-se que as primeiras intervenções para preparação da base e fundação da obra iniciaram no ano 2009. A partir do início da operação de recebimento dos resíduos sólidos, os setores do aterro foram sendo preenchidos por meio da disposição e compactação de resíduos sólidos, intercaladas por camadas de solo argiloso compactado. As imagens a seguir apresentam as alterações na estrutura e superfícies geométricas do aterro desde 2018 até 2022, ano em que houve a ruptura do talude localizado na região sudoeste do aterro.



Figuras 2 e 3. Imagens de satélite datadas de maio de 2018 e novembro de 2020, respectivamente. Fonte: Google Earth Pro.



Figuras 4 e 5. Imagens de satélite datadas de julho de 2021 e fevereiro de 2022, respectivamente. Fonte: Google Earth Pro.

Analisando-se as imagens apresentadas nas Figuras 2 a 5, identificou-se que a região sudoeste do aterro sofreu, ao longo dos anos, interferências frequentes de obras como abertura e fechamento de vias de acesso para tráfego de veículos, o que contribuiu com a instabilidade, devido à execução de obras de corte e aterro de solos, além da passagem de veículos pesados que geram efeitos vibratórios contínuos no local de interesse. É possível identificar na Figura 3 o início do processo de retaludamento dos taludes já consolidados, na face oeste do aterro. Procedendo à análise, observa-se nas Figuras 4 e 5, o avanço no processo de retaludamento através do preenchimento das bermas com resíduos sólidos urbanos, bem como alteração no sistema de cobertura final para geomanta impermeável fato que, em tese, reduziria a percolação da água pluvial e melhoraria as condições de estabilidade do aterro. Contudo, esse processo de retaludamento e instalação do novo sistema de cobertura final apresentou-se moroso e, com isso, a face oeste do aterro sanitário permaneceu exposta às intempéries, pelo menos, entre novembro de 2020 e junho de 2022, período que favoreceu significativamente a infiltração de água pluvial ao interior da massa de resíduos sólidos, gerando uma saturação adicional dos taludes devido à sobrecarga do sistema de drenagem dos líquidos percolados.



Figura 6. Imagem de satélite datada de junho de 2022, após o deslizamento do talude. Fonte: Google Earth Pro.



Figura 7. Foto da região adjacente à ruptura, evidenciando a exposição das faces e bermas dos taludes às intempéries, bem como o avanço de processo erosivo que fragilizou a região de ruptura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho tem o objetivo de apresentar a reconstituição da situação anterior à ruptura e, a partir dessa retroanálise, confrontar os resultados obtidos neste trabalho com os resultados de modelagem computacional da estabilidade geotécnica apresentadas anualmente pela empresa gestora ao órgão ambiental que demonstravam situações hipoteticamente seguras de estabilidade. Através de simulações computacionais realizadas no software *D-Stability*, dedicado a análises de estabilidade de taludes e encostas, analisou-se diferentes cenários e calibrações das variáveis geotécnicas de entrada, como peso específico, coesão, ângulo de atrito e grau de saturação, em relação aos efeitos produzidos no FS que reflete a estabilidade do talude. Tais calibrações evidenciaram que os relatórios anuais de automonitoramento geotécnico apresentados pela empresa gestora do aterro sanitário, apresentavam níveis superestimados de FS, tendo em vista a notória simplificação das condições de contorno e dos parâmetros geotécnicos de entrada, em especial, do grau de saturação da massa de resíduos sólidos.

3.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido a partir de um modelo geotécnico bidimensional do aterro sanitário de Fazenda Rio Grande, Paraná, contendo diferentes camadas de resíduos e solos argilosos. A geometria analisada incluiu:

- Área de interesse pericial do aterro, onde houve a ruptura;
- Camadas de preenchimento alternadas e de cobertura;
- Aterro compactado de fundação;

- Processo de retaludamento;
- Sistema hidrogeológico;
- Camada intermediária de geomanta.

Foram considerados diferentes estágios construtivos da estrutura geotécnica, representados por cinco etapas de análise. A base georreferenciada da seção foi obtida através do modelo digital do terreno gerado pelo geoprocessamento das imagens capturadas em campo por VANT (veículo aéreo não tripulado) do modelo Phantom 3. A partir da imagem foi reconstituída a face do talude antes do deslizamento.

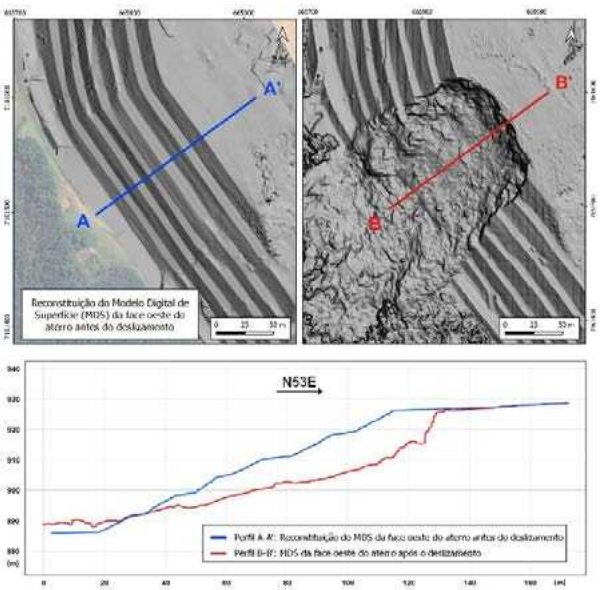


Figura 8. Reconstituição da seção de interesse através do modelo digital do terreno.

3.2. Método de análise

A estabilidade foi avaliada utilizando o método de equilíbrio limite de Bishop Simplificado. O método considera superfícies potenciais de ruptura circulares e realiza o equilíbrio das forças atuantes em múltiplas fatias verticais do maciço.

O fator de segurança global é obtido pela relação entre:

- forças resistentes ao cisalhamento;
- forças solicitantes associadas ao peso próprio do maciço.

O software *D-Stability* realizou:

1. Geração automática de superfícies potenciais de ruptura;
2. Discretização em fatias;
3. Cálculo iterativo das tensões;
4. Determinação da superfície crítica de ruptura.

As análises consideraram os seguintes parâmetros:

1. Tensões efetivas;
2. Poropressões;
3. Peso específico saturado;
4. Influência do nível piezométrico.

Os resíduos sólidos urbanos foram modelados como um material relativamente leve, porém com resistência significativa ao cisalhamento devido aos processos de compactação e ao reforço fibroso interno presente nos resíduos. O elevado valor de coesão adotado é compatível com a presença de fibras e plásticos e ao comportamento pseudo-coesivo típico do lixo compactado. O terreno de fundação foi representado por um solo natural com resistência intermediária e comportamento relativamente estável, servindo como base estrutural do maciço. Já os resíduos sólidos utilizados no processo de retaludamento, ou reperfilamento geométrico dos taludes, apresentou menor peso específico e menor ângulo de atrito interno, características compatíveis com materiais mais leves e menos resistentes empregados na suavização das inclinações do aterro, principalmente, devido à heterogeneidade e ao estágio inicial do processo de biodegradação da matéria orgânica. A Tabela 1 detalha as propriedades geotécnicas usadas na análise de equilíbrio limite.

Tabela 1. Propriedades Geotécnicas usadas na simulação numérica de equilíbrio limite.

Material	γ (kN/m³)	c (kPa)	ϕ (°)
Resíduos Sólidos	10	19	28
Terreno	18	10	29
Retaludamento	11.5	13.5	22

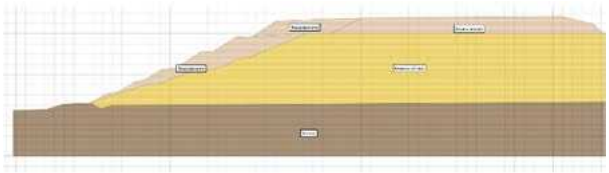


Figura 9. Materiais constituintes do aterro na seção crítica analisada.

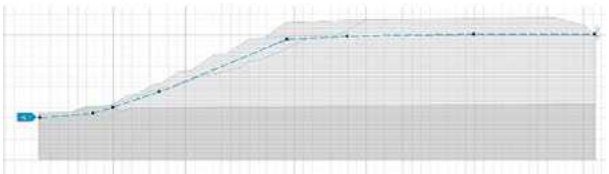


Figura 10. Linha piezométrica crítica obtida pelas medições piezométricas em 15 de junho de 2022.

4. RESULTADOS

Após aplicação do método considerando as condições de contorno e os parâmetros geotécnicos de entrada no software *D-Stability*, obteve-se as superfícies de ruptura preferenciais para a seção crítica de interesse pericial e o fator de segurança calculado antes

e após o retaludamento da última camada preenchida sobre a região de ruptura, que majorou a força solicitante associada ao peso próprio do maciço, conforme gráficos apresentados nas Figuras 11 e 12.

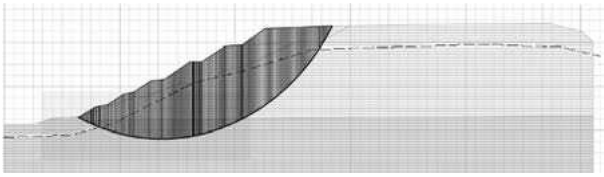


Figura 11. Superfície de ruptura antes do retaludamento, Fator de Segurança: 1,072.

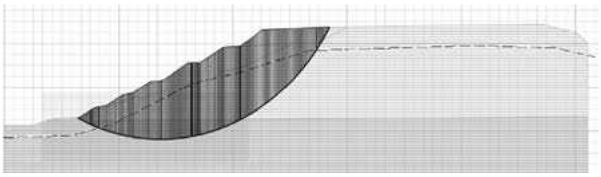


Figura 12. Superfície de ruptura após o retaludamento, Fator de Segurança: 0,815.

Observa-se que, antes do preenchimento da última camada (Figura 11), o talude já apresentava uma situação de iminente instabilização, com FS próximo a 1.0, na qual as forças de resistência ao cisalhamento igualavam-se às forças solicitantes, considerando a data em que a linha piezométrica atingiu o pico histórico de medição. Assim, após o preenchimento da última camada de resíduos, os esforços solicitantes, devido ao peso próprio, aumentaram significativamente e reduziram o fator de segurança da superfície de ruptura para 0.815 (Figura 12), cenário em que o somatório de forças de mobilização do talude era superior ao somatório das forças de resistência ao cisalhamento, gerando a instabilização do aterro sanitário e o deslizamento do talude.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstraram que a estabilidade global do aterro é fortemente influenciada pelas características geotécnicas dos materiais constituintes e pelo comportamento reológico dos resíduos sólidos urbanos. A análise evidenciou a importância do monitoramento adequado das poropressões e das tensões efetivas na avaliação da segurança do maciço, uma vez que o aumento da saturação reduz significativamente a resistência ao cisalhamento dos materiais. Os resíduos sólidos urbanos compactados apresentaram comportamento pseudo-coesivo relevante, contribuindo para o aumento da estabilidade local do aterro devido à compactação e ao reforço fibroso interno. Contudo, as alterações estruturais que o aterro foi submetido, através do retaludamento e aplicação de um novo sistema de cobertura final, geraram forças solicitantes adicionais devido ao peso próprio dos resíduos depositados e ao aumento da saturação devido à sobrecarga do sistema de drenagem dos líquidos percolados, que resultou em um acumulo excessivo de líquidos no interior da massa de resíduos, reduzindo o fator de segurança e provocando a ruptura do talude. De modo geral, o estudo mostrou que o método de Bishop Simplificado aplicado no software *D-Stability* constitui uma ferramenta adequada para análises preliminares de estabilidade em aterros sanitários, podendo subsidiar futuras investigações envolvendo monitoramento geotécnico, modelagem hidrogeotécnica acoplada e análises probabilísticas de risco. O caso tratou de um tipo de exame incomum na rotina pericial, por esse motivo não haviam técnicas ou procedimentos previamente adotados na instituição para análise do caso. Dessa forma, montou-se uma equipe multidisciplinar, com coordenação na Seção de Perícias Ambientais (SPA), que atuou temporariamente para atender a essa demanda específica. Buscou-se uma metodologia consolidada na área de conhecimento da geotecnia clássica para embasamento técnico da análise pericial e validação dos resultados. A força tarefa mostrou-se eficaz em apresentar um laudo pericial que auxiliou na resolução do processo de persecução penal. Como resultado, além da identificação das causas que levaram ao deslizamento, originou-se uma nova categoria de exame pericial no sistema de gestão de laudos (GDL) da Polícia Científica do Paraná, denominada exame de geotecnia ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à equipe da Seção de Perícias Ambientais que forneceram apoio técnico, estrutura e equipamentos para viabilizar os trabalhos periciais, bem como à Direção da Polícia Científica do Paraná pelo suporte e entendimento quanto à complexidade do caso em tela.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Das, B. M., & Sivakugan, N. 2017. Fundamentals of geotechnical engineering. Cengage Learning.

[2] Gerscovich, D.M.S., Vargas, E.A., De Campos, T.M.P. 2023. Estabilidade de taludes. Solos não saturados no contexto geotécnico, cap. 25, pp.867-891.

[3] Van Der Meij, R. 2019. D-Stability: slope stability software for soft soil engineering – User Manual: Installation Manual, Tutorial, Scientific Background and Reliability Background. Delft: Deltares.

[4] Wissmann, J.A. & Outros. 2024. Engenharia Forense: Desabamentos e Soterramentos. Editora Millennium

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Colapso Estrutural em Oficina Mecânica: Análise Diagnóstica Forense de Engenharia e Mecanismos de Carbonatação do Concreto

A. P. Q. Souza[a,*], J. A. Wissmann[b], M. S. de Lima Dias[a], C. A. C. Lyra[a], M. G. de A. Specht [a]

[a]*Polícia Científica do Estado do Pernambuco (PCIPE), Recife (PE), Brasil*
[b]*Polícia Científica do Estado do Paraná, (PCIPR), Cascavel (PR), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: abner.queiroz@policiacientifica.pe.gov.br Tel.: +55-81- 98568-2917*

Palavras-chave: Engenharia Legal; Colapso Estrutural; Carbonatação; Engenharia Diagnóstica; Perícia Criminal.

O colapso de estruturas civis em ambientes urbanos representa um cenário crítico de atuação para a engenharia legal, exigindo a determinação precisa das causas materiais em face de potenciais responsabilizações civis e penais. Este trabalho aborda a investigação pericial realizada em um imóvel comercial utilizado como oficina mecânica no bairro de Afogados, Recife/PE, onde ocorreu o desabamento parcial de uma laje nervurada pré-moldada. Cenários dessa natureza impõem desafios adicionais à criminalística devido à agressividade ambiental característica do uso do imóvel — que envolve umidade constante, gases de combustão e produtos químicos —, fatores que potencializam e aceleram mecanismos microscópicos de degradação sem que haja manifestações macroscopicamente óbvias para leigos. A relevância deste estudo para as ciências forenses reside na estruturação de um nexo causal multifatorial, demonstrando que a ruptura brusca não decorreu de sobrecargas antrópicas ou ambientais recentes, mas sim de um processo crônico de perda de desempenho estrutural e erros graves de conformidade técnica.

A abordagem pericial fundamentou-se nos preceitos da engenharia diagnóstica e em ensaios de campo, instruída por procedimentos de WISSMANN (2024), confrontando os vestígios materiais com os requisitos normativos das normas brasileiras aplicáveis, como a ABNT NBR 14859 (Lajes pré-fabricadas), ABNT NBR 15575 (Desempenho) e ABNT NBR 6118 (Projetos de estruturas de concreto). A literatura especializada aponta que o diagnóstico de colapsos deve analisar de forma integrada as condições de contorno (apoios) e a integridade da matriz cimentícia. No caso em tela, identificou-se uma grave desconformidade nas condições de fixação da laje: uma extremidade apresentava engastamento irregular (chumbamento) direto na alvenaria do prédio vizinho, violando o princípio de independência estrutural, enquanto a outra se apoiava diretamente sobre blocos cerâmicos de vedação, componentes desprovidos de função portante pela ausência de cintas, vigas ou pilares na edificação.

Para além dos erros de concepção, a investigação focou na degradação química do elemento. Foi realizado ensaio qualitativo com solução de fenolftaleína nos fragmentos de escombros, o qual evidenciou a completa ausência de alteração de coloração (mantendo-se incolor). Esse resultado comprova a carbonatação do concreto, indicando que o dióxido de carbono (CO2) gerado no ambiente da oficina reagiu com o hidróxido de cálcio da matriz, reduzindo o pH do concreto e eliminando a película passivadora responsável pela proteção das armaduras. Despassivado, o aço tornou-se suscetível à corrosão, resultando na redução do diâmetro das barras e no comprometimento da aderência entre o aço e o concreto. Complementarmente, modelagens numéricas simplificadas em software de análise estrutural (Ftool) corroboraram que a perda progressiva de rigidez rotacional do chumbamento degradado conduziu o sistema a uma condição limite de instabilidade hipostática.

Os resultados demonstram que as falhas executivas — como o embutimento inadequado de eletrodutos que consumiram a capa de compressão da laje e a ausência de malha superior de distribuição — criaram linhas de fraqueza física que guiaram a ruptura. Conclui-se que o sinistro foi desencadeado pela associação entre uma concepção estrutural precária e a evolução contínua da carbonatação, culminando no esgotamento da capacidade resistente da laje ao longo do tempo.

A análise das frentes de degradação e de colapsos em estruturas de concreto fundamenta-se nos estudos de Cárdenas e Andrade (2007) sobre carbonatação e nos princípios de engenharia diagnóstica de Gomide *et al.* (2009). Diante das limitações comuns em cenários pós-colapso, como a indisponibilidade de ensaios não destrutivos e a destruição dos apoios originais, este trabalho combinou o mapeamento metalúrgico macroscópico com modelagem estrutural no software Ftool, permitindo simular a perda progressiva de rigidez dos vínculos associados à edificação vizinha e validar as hipóteses periciais.

REFERÊNCIAS:

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 14859-1:* Lajes pré-fabricadas - Requisitos - Parte 1*: Lajes unidire-cionais*. Rio de Janeiro: ABNT. 2002

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 6118:* Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2026.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15575:* Edificações habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

Cárdenas, A. Andrade, C. *"*Mecanismos de carbonatación y corrosión en estructuras de hormigón armado". Revista Iberoamericana de Ingeniería Structural 11(2): 85-99, 2007.

Gomide, T. L. F., Neto, J. C. P. Gullo, M. A. 2009. *Engenharia Diagnóstica em Edificações*. São Paulo: Pini. WISSMANN, J. A. *et al*. Engenharia Forense – Desabamentos e Soterramentos**.** 1 ed. Campinas: Millenium Editora,
v. 1. 438p, 2024.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Charlie: Assistente de IA em Criminalística

L. D. Carneiro[a,b,*], A. L. S. Meirelles[a,*], J. de A. Gomes[a,*], R. C. A. Cabral[a,b*]

[a]*Instituto de Criminalística, Polícia Civil do Distrito Federal, Brasília (DF), Brasil*
[b]*Universidade de Brasília, Brasília (DF), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: leandro.carneiro@pcdf.df.gov.br. Tel.: +55-61-99851-2121.*

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Multiagentes de IA; RAG; LLM; Inovação Pericial.

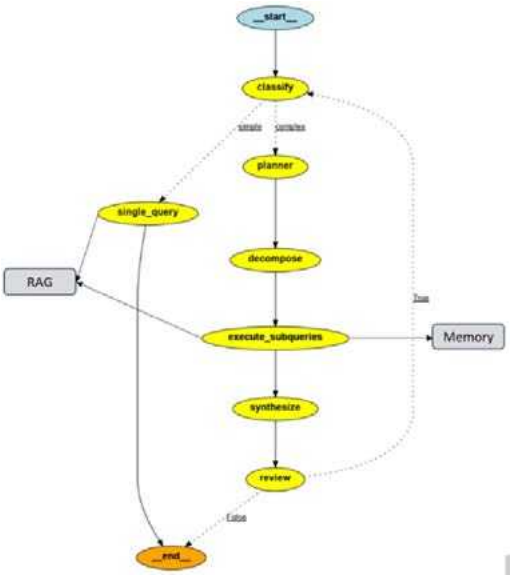
O crescimento exponencial do volume de dados digitais e documentais na atividade pericial tem imposto desafios significativos à Criminalística contemporânea. Laudos extensos, múltiplos arquivos associados a uma mesma ocorrência, diversidade de formatos e ausência de padronização estrutural dificultam a busca, a correlação e a extração eficiente de informações relevantes. Tradicionalmente, essas atividades dependem de análises manuais intensivas, demandando elevado esforço cognitivo dos peritos e impactando diretamente a produtividade, a tempestividade das respostas institucionais e a capacidade de geração de Inteligência Pericial.

Nesse contexto, o Instituto de Criminalística da Polícia Civil do Distrito Federal (IC/PCDF), por meio de seu Núcleo de Inteligência Artificial (NIA), desenvolveu o sistema *Charlie*, uma plataforma inovadora baseada em IA generativa voltada à análise massiva, organização e exploração estratégica de dados periciais. A aplicação foi concebida como resposta institucional à necessidade de modernização dos processos de gestão e recuperação de informações, alinhando-se às diretrizes contemporâneas de transformação digital e inovação na Segurança Pública.



O *Charlie* utiliza uma arquitetura avançada fundamentada em modelos de linguagem de grande escala integrados a técnicas de *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) e a um arcabouço de agentes inteligentes cooperativos. Diferentemente das abordagens tradicionais, a aplicação implementa mecanismos de decomposição automática de consultas, execução paralela de sub-tarefas, memória estruturada de contexto e síntese inteligente de resultados. Essa abordagem multiagente permite a análise simultânea de grandes volumes documentais, a extração automatizada de dados específicos e o correlacionamento semântico entre informações previamente desconectadas, possibilitando a identificação de vínculos, padrões e tendências investigativas.

A arquitetura do Charlie materializa uma transição relevante de pipelines tradicionais de RAG para um modelo orquestrado de processamento evidencial, no qual o modelo de linguagem deixa de atuar como um gerador isolado de respostas e passa a integrar um fluxo estruturado, controlado e auditável de análise documental. Por meio da combinação de classificação de tarefas, decomposição sistemática de consultas, execução paralela de subconsultas e armazenamento em memória estruturada com rastreabilidade, o sistema viabiliza a extração escalável de atributos em nível de corpus, superando limitações clássicas de janela de contexto e processamento sequencial.



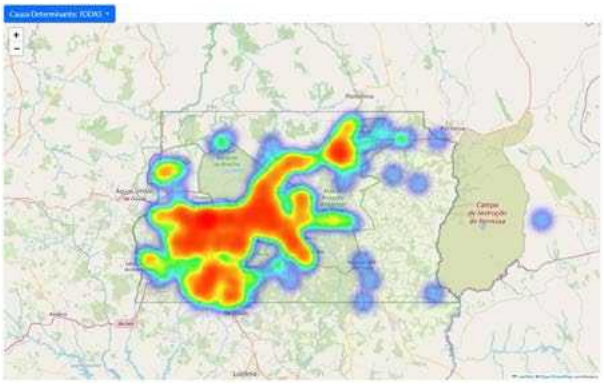
Essa abordagem permite transformar conjuntos massivos de documentos não estruturados em representações estruturadas, consistentes e diretamente exploráveis, estabelecendo uma base sólida para geração de inteligência pericial, análise longitudinal e integração com modelos analíticos mais avançados. Nesse sentido, a arquitetura do Charlie não apenas melhora a eficiência operacional, mas redefine o papel dos LLMs em ambientes forenses, posicionando-os como componentes de um sistema de processamento evidencial estruturado, alinhado a requisitos de rastreabilidade, auditabilidade e escalabilidade institucional.

Um diferencial estratégico da aplicação reside em sua operação integralmente em infraestrutura computacional local (*on-premise*), sem envio de qualquer dado para nuvens públicas ou servidores externos ao Instituto de Criminalística. Essa característica garante soberania, segurança e confidencialidade das informações sensíveis, requisito essencial no contexto pericial. Além disso, a plataforma permite o compartilhamento das bases de dados criadas entre os usuários, favorecendo a integração de conhecimento e a construção de repositórios de dados estruturados.

Para além da capacidade de processamento massivo, o *Charlie* atua como ferramenta de consolidação e estruturação do conhecimento, viabilizando a criação de bases analíticas que podem ser exploradas futuramente por outras soluções tecnológicas, incluindo sistemas de inteligência investigativa, análise estatística e mineração de dados.

O sistema já se encontra em uso real na Criminalística do Distrito Federal, apoiando peritos na análise de grandes conjuntos documentais, reduzindo substancialmente o tempo necessário para localização e consolidação de informações, promovendo maior padronização na recuperação de dados e ampliando a capacidade de geração de Inteligência Pericial.

Como exemplo de aplicação do *Charlie*, destaca-se o projeto de Inteligência Pericial aplicada à Segurança Viária, no qual foi possível identificar pontos e segmentos críticos de acidentes de trânsito. A iniciativa já é executada há 3 anos, envolvendo a extração, estruturação e análise de dados periciais, permitindo a geração de mapas de calor e oferecendo suporte à formulação de políticas públicas voltadas à prevenção.



Conclui-se que o *Charlie* representa um marco na aplicação de Inteligência Artificial à Criminalística brasileira, introduzindo um novo paradigma de análise automatizada, correlação inteligente e gestão estratégica de dados periciais, com elevado potencial de replicação em outros órgãos forenses e instituições de segurança pública.

REFERÊNCIAS:

Russell, S.; Norvig, P. 2021. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th ed. Pearson.

Goodfellow, I.; Bengio, Y.; Courville, A. 2016. Deep Learning. MIT Press.

Vaswani, A. et al. 2017. Attention Is All You Need. NeurIPS.

Gao, Y. et al. 2023. Retrieval-Augmented Generation for Large Language Models: A Survey. arXiv.

Doe, J.; Smith, R. Use of Natural Language Processing techniques for forensic analysis. Journal of Forensic Sciences.

T. B. Brown, et al. 2020. Language models are few-shot learners, in: Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS).

Z. Ji, et al. 2023. Survey of hallucination in natural language generation, ACM Computing Surveys.

G. Li, et al. 2024. Large language model-based multi-agent systems: A survey, arXiv .

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Maturidade da Gestão do Conhecimento nos Órgãos de Perícia Oficial de Natureza Criminal do Brasil: ênfase na Polícia Técnica da Bahia

Z. S. Moraes[a], G. Varvakis[b]

[a]*DPT/SSP/BA; Brasil; zidalva.moraes@ssp.ba.gov.br*
[b]*PPGEGC/UFSC; Brasil; g.varvakis@ufsc.br*

Palavras-chave: Gestão do Conhecimento; Maturidade; Perícia Oficial de Natureza Criminal; Criminalística; G-KMMM.

RESUMO

Este trabalho trata da Gestão do Conhecimento (GC) no âmbito da Segurança Pública, notadamente nos Órgãos de Perícia Oficial de Natureza Criminal, organizações intensivas em conhecimento, cuja atuação fundamental depende da produção, preservação, compartilhamento e aplicação de conhecimentos científicos e tecnológicos na produção da prova pericial. A prova pericial constitui o elo crucial na reconstrução dos fatos e na busca de informações nos processos penais, sobretudo diante do cenário crescente de complexidade e sofisticação dos crimes contemporâneos. Nesse contexto, o estudo destaca a situação atual e a relevância da modernização da Perícia Oficial de Natureza Criminal em alinhamento com as políticas de segurança pública e para tanto, reconhece a GC como recurso estratégico para aprimorar a eficiência, a qualidade e a confiabilidade da prova pericial. Para tanto, a pesquisa teve como objetivo diagnosticar a maturidade da Gestão do Conhecimento nos Órgãos de Perícia Oficial de Natureza Criminal do Brasil, com ênfase no Departamento de Polícia Técnica da Bahia (DPT-BA), identificando capacidades, lacunas e oportunidades de desenvolvimento institucional. A pesquisa adotou abordagem qualitativa, de natureza exploratório-descritiva, fundamentada em revisão sistematizada da literatura e na aplicação do modelo **General Knowledge Management Maturity Model (G-KMMM)**, proposto por Pee e Kankanhalli (2009). O modelo de maturidade descreve o desenvolvimento da GC ao longo do tempo, fornecendo um caminho para melhoria. O modelo selecionado classifica a maturidade da GC em cinco níveis — Inicial, Consciente, Definido, Gerenciado e Otimizado — e a avalia nas dimensões Pessoas, Processos e Tecnologia. O instrumento foi aplicado a dirigentes de órgãos periciais, tendo participado 22 representantes de unidades federativas, de uma população-alvo de 27, correspondendo a aproximadamente 81% de cobertura. A análise das respostas, classificadas segundo os critérios do modelo, indicou predominância do **Nível 1 — Inicial** de maturidade na avaliação geral para os Órgãos de Perícia Oficial do país nas três dimensões investigadas; apenas três órgãos de unidades federativas alcançaram o Nível 2 – Consciente. Na dimensão Pessoas, embora 100% dos dirigentes reconhecessem o conhecimento organizacional como essencial e a GC como competência fundamental, somente 45% perceberam disposição dos servidores para compartilhar conhecimentos e auxiliar colegas, evidenciando barreira cultural à colaboração. Na dimensão Processos, 59% dos órgãos permaneceram no Nível 1; apenas 41% indicaram que o conhecimento necessário às atividades rotineiras estava documentado e 27% perceberam formalização dos processos de aquisição e compartilhamento de informações e do registro de melhores práticas e lições aprendidas. Na dimensão Tecnologia, 68% dos órgãos foram classificados no Nível 1, com baixa percepção de projetos-piloto, infraestrutura de suporte e investimentos contínuos, revelando limitações na utilização estratégica da tecnologia para a GC. Os resultados obtidos, convergentes para o DPT-BA, evidenciam uma dissociação entre o reconhecimento

da relevância do conhecimento e a existência de práticas institucionalizadas para sua gestão, com predominância de conhecimento tácito, compartilhamento informal e baixa integração entre pessoas, processos e tecnologias. Conclui-se que a elevação da maturidade da GC na Perícia Oficial requer ações sistêmicas voltadas ao fortalecimento da cultura de compartilhamento, à formalização e documentação do conhecimento, à criação de repositórios institucionais, à integração tecnológica e à inserção da GC no planejamento estratégico, com previsão de recursos específicos. Tais medidas podem contribuir para reduzir perdas de conhecimento, ampliar a eficiência organizacional e fortalecer a qualidade e a confiabilidade da prova pericial, com repercussões positivas para a segurança pública e o sistema de justiça criminal da Bahia e do Brasil.

REFERÊNCIAS

AMORIM, J. V. A autonomia da Perícia Criminal Oficial no âmbito da Polícia Federal: percepções e reflexões dos profissionais do Sistema de Justiça Criminal. 2012. 169 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Brasileira de Administração Pública, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2012.

CERQUEIRA, D.; BUENO, S. (coord.). Atlas da violência 2024. Brasília: Ipea; FBSP, 2024.

CRESWELL, J. W. Projeto de Pesquisa - métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L. Conhecimento empresarial: como asorganizações gerenciam o seu capital intelectual. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

DE ANGELIS, C. T. Uma proposta de um modelo de inovação e inteligência governamental. INMR - Innovation & Management Review, v. 10, n. 3, p. 297- 324, 2013.

FLICK, U. Desenho da pesquisa qualitativa. Porto Alegre: Artmed, 2009.

KLAUSS, N.; SCHARLE, Á. Gestão do Conhecimento no Setor Público, Conceitos, ferramentas e práticas. European Union, 2020.

MENDES, R. B. Análise do nível de maturidade da gestão do conhecimento na criminalística federal. 2013. 121 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Rio de Janeiro, 2013.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

ODITA, O. A.; KIFORDU, A. A.; OBUH, A. Organizational maturity and firm sustainable performance of manufacturing industries. International Journal of Management & Entrepreneurship Research, v. 5, n. 8, p. 576-593, ago. 2023.

PEE, L. G.; KANKANHALLI, A. A Model of Organizational Knowledge Management Maturity Based on People, Process, and Technology. Journal of Information and Knowledge Management, v. 8, n. 2, jun. 2009.

RODRIGUES, C. V.; SILVA, M. T. da; TRUZZI, O. M. S. A medição de desempenho no serviço de Perícia Criminal: proposição e aplicação em uma unidade pericial. Revista Brasileira de Segurança Pública, v. 11, n. 1, p. 184-206, 2017.

SANTOS, A. L. dos. et al. Perícia Criminal No Brasil: desafios, evolução e impacto no sistema de justiça penal. Saúde Coletiva, v. 28, Edição 130, jan. 2024.

TEAH, H. Y.; PEE, L. G.; KANKANHALLI, A. Development and Application of a General Knowledge Management Maturity Model. In: The Tenth Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS 2006), Proceedings. 2006.

T. M. de Souza, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Prova pericial proativa: modelo técnico-operacional de classificação de risco letal em violência de gênero

T. M. de Souza[a,b*]

[a]*Polícia Científica do Paraná, Unidade de Execução Técnico-Científica de Londrina, Londrina (PR), Brasil*
[b]*Universidade Tuiuti do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Psicologia Forense, Curitiba (PR), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: teogenesms@gmail.com. Tel.: +55 44 98821-8980.*

Palavras-chave: prova pericial; violência de gênero; feminicídio; risco letal; inovação pericial..

A violência de gênero com risco letal permanece como um dos principais desafios da segurança pública, do sistema de justiça e das ciências forenses. Embora a perícia oficial produza documentos técnicos de alta relevância probatória, sua utilização institucional ainda é predominantemente retrospectiva, voltada à descrição do dano já ocorrido e à materialização de lesões em procedimentos investigativos ou judiciais. Em casos de violência contra a mulher, entretanto, determinados achados periciais podem revelar padrões objetivos de gravidade, escalada, vulnerabilidade e letalidade, frequentemente documentados antes de desfechos irreversíveis.

Este trabalho apresenta um modelo técnico-operacional de classificação de risco letal em violência de gênero, desenvolvido para organizar achados periciais objetivos em linguagem estruturada, rastreável e comunicável às instituições responsáveis pela proteção. A proposta parte da premissa de que lesões em topografia vital, mecanismos de alta energia, sinais de defesa ou vulnerabilidade, reincidência documentada, escalonamento temporal e agravantes contextuais podem ser convertidos em marcadores técnico-periciais de risco, sem substituir o laudo oficial, a investigação policial, a atuação ministerial ou a decisão da autoridade competente.

O modelo foi estruturado como ferramenta auxiliar de comunicação pericial, orientada à padronização da leitura dos achados e à qualificação do fluxo institucional. Sua aplicação permite que informações tradicionalmente dispersas em exames de corpo de delito, necropsias, registros oficiais e documentação complementar sejam organizadas em categorias operacionais de risco, favorecendo maior clareza, auditabilidade e consistência na transmissão de informações relevantes. Diferentemente de instrumentos baseados exclusivamente em entrevista ou percepção subjetiva, a proposta privilegia elementos verificáveis no exame médico-legal e em documentos oficiais, preservando a distinção entre evidência técnica, inferência pericial e consequência jurídica.

A inovação central consiste em reposicionar a prova pericial como infraestrutura de antecipação institucional. Nesse modelo, o perito não assume função decisória nem formula juízo de culpabilidade; limita-se a explicitar, de forma técnica e fundamentada, quando os achados objetivos indicam maior probabilidade de progressão para violência grave ou letal. A classificação resultante deve ser compreendida como alerta técnico complementar, destinado a qualificar a comunicação entre Polícia Científica, autoridade policial, Ministério Público, Judiciário e rede de proteção.

Conclui-se que a adoção de modelos estruturados de classificação técnico-pericial pode ampliar o papel preventivo da criminalística e da medicina legal no enfrentamento da violência de gênero. Ao transformar achados lesivos em informação institucionalmente acionável, a perícia oficial deixa de ser apenas memorial técnico do dano consumado e passa a contribuir, com método e cautela, para a identificação precoce de situações de risco extremo.

REFERÊNCIAS:

Campbell, J.C. et al. 2003. Risk factors for femicide in abusive relationships: results from a multisite case control study. American Journal of Public Health 93(7): 1089-1097.

Cecchi, R. et al. 2025. A nationwide forensic case-series of femicides in Italy - Part 2: clues to its epidemiology, prediction and prevention. Legal Medicine 78: 102708.

Malta, G. et al. 2025. Forensic homicidal strangulation in women: case series and systematic literature review. Forensic Science International: Synergy 10: 100577.

Stark, E. 2007. Coercive Control: How Men Entrap Women in Personal Life. Oxford: Oxford University Press.

World Health Organization. 2012. Understanding and Addressing Violence Against Women: Femicide. Geneva: World Health Organization.

S. B. T. Leite, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Automação da Emissão de Laudos Periciais por Inteligência Artificial Generativa: Da Concepção à Adoção

S. B. T. Leite[a]

[a]*Perita Odontolegista e Diretora do Departamento de Polícia Técnico-Científica do Amazonas (DPTC/AM), Manaus (AM), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: sanmyatiradentes@gmail.com. Tel.: +55-92-99152-1031.*

Palavras-chave: inteligência artificial generativa; laudos periciais; automação forense; inovação; gestão da mudança.

A produção de laudos periciais é uma das atividades mais críticas dos institutos das polícias científicas. O crescente volume de ocorrências, aliado à escassez de recursos humanos e à ausência de padronização nos documentos técnicos, configura um gargalo que compromete a celeridade da justiça e a qualidade da prova técnica. Peritos de todas as especialidades, criminais, médicos-legistas e odontolegistas, enfrentam rotinas de elaboração manual de laudos, com risco de inconsistências e desperdício de energia humana em tarefas repetitivas. Diante desse cenário, a autora desenvolveu, em pesquisa independente, uma solução de automação baseada em Inteligência Artificial Generativa (IAG).

O trabalho apresenta o desenvolvimento e a implementação de assistentes de IAG especializados por tipo de laudo, com mais de 150 modelos que cobrem a criminalística (locais de crime, dano ao patrimônio, acidente de trânsito, balística, documentoscopia, grafoscopia, papiloscopia, toxicologia, química forense, biologia e computação forense), a medicina legal (tanatologia, traumatologia e sexologia forense) e a odontologia legal (identificação odontolegal post mortem, antropologia e estimativa de idade). O sistema tem custo mínimo de implementação e está disponível em www.policiacientifica.com.br.

Para as perícias comparativas, o sistema integra módulos de análise automatizada baseados exclusivamente em ferramentas de código aberto e auditáveis, cujos resultados são expressos como razão de verossimilhança e submetidos ao julgamento do perito, jamais como identidade categórica automática. Na comparação facial, empregam-se três extratores de características por redes neurais profundas sob o protocolo FISWG/ACE-V; na comparação de locutor, dois motores independentes de embeddings, com análise acústico-instrumental em Praat, alinhamento fonético por vogais e transcrição automática; na papiloscopia, a extração de minúcias e a correspondência do NIST NBIS; e na grafoscopia, a medição instrumental por visão computacional.

A iniciativa fundamenta-se em literatura consolidada sobre automação de processos, gestão Lean Office e Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs). Estudos recentes demonstram que ferramentas de IAG produzem análises forenses avaliadas positivamente por especialistas e que a automação da redação de laudos é fronteira em expansão na forense digital. O diferencial da proposta reside na integração de Lean e IAG em arquitetura interna, de baixo custo e integralmente replicável por qualquer instituto de perícia oficial do país.

A principal barreira identificada não é técnica, é cultural. Mesmo com ferramentas funcionais disponíveis, a resistência de parte dos peritos é real e multifatorial: envolve desconfiança quanto à acurácia dos documentos gerados, preocupação com a responsabilidade legal e receio de obsolescência profissional. A superação dessas barreiras passa por engajamento baseado em transparência, autonomia e demonstração prática. O assistente é posicionado deliberadamente como ferramenta de apoio: a análise técnica, o julgamento crítico e a responsabilidade legal permanecem integralmente sob responsabilidade do perito.

Os resultados parciais indicam redução no tempo de elaboração de minutas periciais, elevação da padronização dos documentos e liberação dos peritos para tarefas de maior complexidade analítica. A coleta de dados sistematizada antes e após a implementação constitui o próximo passo para validação científica. Conclui-se que a IAG já é uma realidade aplicável à perícia em todas as suas especialidades; o principal desafio que permanece é a adoção, não o desenvolvimento, e o modelo está disponível para replicação por institutos periciais de todo o país.

REFERÊNCIAS:

Farber, S. 2025. AI as a decision support tool in forensic image analysis: A pilot study on integrating large language models into crime scene investigation workflows. *Journal of Forensic Sciences,* 70(3): 932–943. DOI: 10.1111/1556-4029.70035.

Ketsekioulafis, I.; Filandrianos, G.; Katsos, K.; Thomas, K.; Spiliopoulou, C.; Stamou, G. & Sakelliadis, E.I. 2024. Artificial Intelligence in Forensic Sciences: A Systematic Review of Past and Current Applications and Future Perspectives. *Cureus,* 16(9): e70363. DOI: 10.7759/cureus.70363.

Lara, R.F.; Lencina, M.G.; Silva, M.L. & Viana, J. G.A. 2023. Influência de fatores lean office na investigação policial: operações especiais. *Revista Brasileira de Ciências Policiais,* v. 14, n. 11. DOI: 10.31412/rbcp.v14i11.1031.

Luiz Neto, E.; Passos, J.M.F.G.; Cukla, A.R. & Amaral, T.G. 2025. Aplicação do Pensamento Lean na Elaboração de Laudos Periciais. *Revista de Gestão e Secretariado (GeSec),* v. 16, n. 5, e4737. DOI: 10.7769/gesec.v16i5.4737.

Michelet, G. & Breitinger, F. 2024. ChatGPT, Llama, can you write my report? An experiment on assisted digital forensics reports written using (local) large language models. *Forensic Science International: Digital Investigation,* 48: 301683. DOI: 10.1016/j.fsidi.2023.301683.

Silva, R.S.S.; Costa, C.F.M. & Dias Junior, C.M. 2020. Uma aplicação do Lean Office na Informática Forense do Instituto Geral de Perícias de Santa Catarina (IGP-SC). *Brazilian Journal of Development,* v. 6, n. 5: 26618–26643.

Womack, J.P. & Jones, D.T. 2003. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation.* 2ª ed. New York: Free Press.

P. R. O. Frank, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

A perícia integradora como resposta criminalística ao domínio social estruturado

P. R. O. Frank[a]

[a]IPerito Criminal, IGP-RS - Especialista em Segurança Pública e em Investigação Criminal
Professor IGP-RS, ACADEPOL/RS e UFRGS (visitante)

Palavras-chave: perícia integradora; domínio social estruturado; criminalística; facções criminosas; prova penal.

RESUMO

O presente artigo propõe o conceito de perícia integradora de contexto estrutural como resposta criminalística aos crimes de domínio social estruturado, especialmente no cenário inaugurado pela Lei nº 15.358/2026, conhecida como Lei Antifacção. Parte-se do problema de que a criminalidade faccionada, miliciana ou paramilitar não se manifesta apenas por eventos isolados, mas por redes de ações, controles territoriais, coerções comunitárias, fluxos econômicos, comunicações operacionais e padrões de repetição. Sustenta-se que, em determinados contextos, o corpo de delito não desaparece, mas muda de escala: seus vestígios podem estar dispersos na comunidade, no território, nos serviços afetados, nos objetos apreendidos, nos registros digitais e nos efeitos sociais produzidos pela organização criminosa. A pesquisa adota método qualitativo, exploratório e jurídico-criminalístico, com base em análise normativa, revisão bibliográfica interdisciplinar e sistematização de categorias periciais. Como resultado, apresenta-se uma matriz de indicadores técnico-periciais para diferenciação entre crime-evento e crime-estrutura, organizada em torno de padrão e repetição, coordenação espaço-temporal, modus operandi qualificado, vínculo funcional, controle territorial e social, suporte econômico-logístico e indicadores digitais. Conclui-se que a perícia integradora não substitui os laudos específicos, nem autoriza presunções genéricas de pertencimento, mas permite articular vestígios regularmente produzidos em uma leitura técnico-científica de convergência, fortalecendo simultaneamente a persecução penal e as garantias processuais.

1 INTRODUÇÃO

A criminalística contemporânea enfrenta um desafio que ultrapassa a descrição material de eventos isolados. A expansão de organizações criminosas territorializadas, milícias privadas, grupos paramilitares e facções com capacidade de impor regras locais, intimidar populações, regular economias ilícitas e interferir em serviços públicos desloca o problema da prova penal para uma escala estrutural. Não se trata apenas de saber se houve disparos, incêndio, barricada, extorsão, ameaça ou dano a equipamento público. O ponto decisivo passa a ser demonstrar, com rigor técnico, se esses fatos são episódios autônomos ou manifestações parciais de uma organização criminosa dotada de comando, permanência, divisão funcional, capacidade de intimidação e função de domínio social.

A Lei nº 15.358/2026, ao instituir o Marco Legal do Combate ao Crime Organizado no Brasil e tipificar os crimes de domínio social estruturado e de favorecimento ao domínio social estruturado, torna esse problema ainda mais evidente. A norma busca alcançar condutas praticadas no contexto de organizações criminosas ultraviolentas, grupos paramilitares ou milícias privadas que, mediante violência ou grave ameaça, atentem contra a paz pública, a segurança coletiva ou o funcionamento de instituições e serviços essenciais (BRASIL, 2026). O legislador, portanto, não mira apenas o delito singular, mas a estrutura ca-

paz de produzir, financiar, coordenar e repetir condutas violentas ou intimidatórias.

Essa transformação repercute diretamente sobre a perícia criminal. O modelo clássico de exame pericial, centrado na materialidade imediata de um local, objeto, instrumento, cadáver, veículo, documento ou sistema informático, continua indispensável. Sempre que a infração deixar vestígios, permanece obrigatório o exame de corpo de delito, direto ou indireto, realizado por perito oficial, nos termos do Código de Processo Penal (BRASIL, 1941). Todavia, nos crimes de domínio social estruturado, a materialidade pode não se esgotar no objeto apreendido ou no local imediatamente examinado. Os vestígios podem estar dispersos no território, nas rotinas comunitárias, nos fluxos econômicos, nos registros digitais, nos padrões de repetição, nos mecanismos de vigilância e nas formas de coerção cotidiana.

O problema de pesquisa deste artigo pode ser formulado da seguinte maneira: de que modo a criminalística pode demonstrar, sem recorrer a presunções genéricas, que determinado fato investigado constitui expressão funcional de domínio social estruturado? A hipótese defendida é que a resposta exige a formulação de uma perícia integradora de contexto estrutural, compreendida como procedimento técnico-científico voltado à articulação de laudos específicos, vestígios materiais, dados financeiros, registros digitais, elementos territoriais, cronologias, padrões de repetição e indicadores de vínculo funcional.

A noção de perícia integradora não pretende substituir o laudo de local, a balística, a química, a informática forense, a engenharia, a contabilidade, a documentoscopia, a análise de incêndio, a avaliação patrimonial ou a perícia ambiental. Ao contrário, pressupõe a validade desses exames especializados e busca integrá-los em uma leitura de convergência. Seu objetivo não é produzir narrativa acusatória, mas verificar se múltiplos fragmentos regularmente preservados e analisados revelam uma lógica comum de coordenação, finalidade coletiva, suporte logístico, controle territorial, intimidação social ou enfrentamento ao Estado.

Metodologicamente, o artigo adota abordagem qualitativa, exploratória e jurídico-criminalística. Utiliza análise normativa da legislação penal e processual penal brasileira, especialmente da Lei nº 15.358/2026, da Lei nº 12.850/2013 e do Código de Processo Penal; dialoga com a sociologia da violência e com a criminologia brasileira; e sistematiza categorias periciais extraídas da prática criminalística e do trabalho teórico desenvolvido por Frank (2026), segundo o qual, diante do crime organizado contemporâneo, provar não é apenas encontrar vestígios, mas compreender como eles se conectam.

O artigo está organizado em oito seções. A primeira apresenta o problema e a hipótese. A segunda discute o domínio social estruturado e a passagem do crime-evento ao crime-estrutura. A terceira examina a ampliação do corpo de delito e a ideia da comunidade como campo de vestígios. A quarta delimita o conceito de perícia integradora. A quinta propõe uma matriz de indicadores técnico-periciais. A sexta trata da cadeia de custódia e da multidisciplinaridade. A sétima discute os riscos de circularidade probatória e a função garantista da perícia. A última seção apresenta as considerações finais.

2. DOMÍNIO SOCIAL ESTRUTURADO E DESLOCAMENTO PROBATÓRIO

A expressão domínio social estruturado indica uma forma qualificada de criminalidade organizada em que a infração penal deixa de ser compreendida apenas como episódio individual e passa a ser analisada como manifestação de poder. O elemento diferenciador não está apenas na gravidade da conduta, mas na sua funcionalidade dentro de uma estrutura. Uma barricada pode ser mero obstáculo improvisado; mas também pode funcionar como instrumento de controle de acesso, contenção de forças estatais, proteção de ponto de comércio ilícito ou demonstração pública de autoridade criminosa. Um incêndio pode ser ato isolado de destruição; mas também pode integrar estratégia de retaliação, intimidação comunitária ou paralisação de serviço essencial.

A Lei nº 15.358/2026 confere relevo jurídico a essa distinção. Ao tratar de organizações criminosas ultraviolentas, grupos paramilitares e milícias privadas, a norma incorpora elementos de controle territorial, intimidação de populações, obstrução da atuação estatal e ataque a serviços ou infraestruturas essenciais (BRASIL, 2026). O foco não recai somente sobre a conduta material, mas sobre a relação entre conduta, estrutura e efeito social. O delito passa a exigir leitura contextual, pois a mesma ação física pode possuir sentidos probatórios distintos conforme esteja ou não vinculada a comando, repetição, divisão de tarefas, financiamento, comunicação operacional e finalidade coletiva.

Essa mudança aproxima a análise criminalística da noção sociológica de governança criminal. Misse (2011) demonstra que mercados ilícitos e redes de proteção produzem formas de regulação que articulam violência, negociação, economia e autoridade informal. Feltran (2018), ao examinar o PCC, mostra que

certas organizações criminosas podem criar ordens normativas internas, mecanismos de resolução de conflitos e formas de disciplina social reconhecidas pelos próprios atores inseridos nesses territórios. Zaluar (2004), por sua vez, evidencia como grupos armados podem ocupar espaços deixados pela fragilidade institucional, regulando sociabilidades e economias locais por meio da coerção.

A criminalidade de domínio social estruturado, portanto, não deve ser reduzida à soma de crimes graves. Sua característica central é a capacidade de produzir obediência e previsibilidade por meios ilícitos. Essa capacidade pode se manifestar por proibição de circulação em certas áreas, imposição de horários, cobrança compulsória, controle de serviços locais, vigilância informal, expulsão de moradores, punições exemplares, ataques coordenados a agentes públicos, bloqueio de vias, sabotagem de infraestrutura ou uso de símbolos e mensagens intimidatórias.

A partir de Weber (1999), pode-se compreender esse fenômeno como disputa ilegítima pelo monopólio estatal da força. O Estado moderno reivindica a violência legítima como atributo de soberania. Quando uma organização privada passa a impor regras, punir dissidentes, controlar território ou condicionar a vida comunitária por meio da ameaça, produz-se uma erosão prática dessa pretensão estatal. Foucault (1975), por outra via, ajuda a compreender que o poder não se exerce apenas pela força direta, mas também por dispositivos de vigilância, normalização e disciplina. Facções e milícias, ainda que ilegítimas, podem produzir microrregimes de disciplina local.

Do ponto de vista probatório, essa leitura impõe uma pergunta central: quais vestígios demonstram que o fato examinado não é apenas um crime-evento, mas parte de um crime-estrutura? O crime-evento é delimitado, pontual, apreensível em um local e em um intervalo relativamente curto. O crime-estrutura é distribuído, reiterado, funcional e dependente de conexões. Ele não substitui o evento, mas o enquadra. O evento continua tendo materialidade própria, mas seu sentido pericial depende de sua posição em uma rede de ações e efeitos.

A passagem do crime-evento ao crime-estrutura não autoriza inferências automáticas. Não basta que a ocorrência se dê em área conflagrada, que envolva violência intensa ou que utilize objeto típico de criminalidade organizada. É necessário demonstrar a convergência entre materialidade imediata e elementos estruturais. Esses elementos podem ser cronológicos, territoriais, econômicos, comunicacionais, logísticos ou simbólicos. O desafio da perícia é transformar a intuição operacional sobre a existência de facção em hipótese técnica passível de descrição, análise, verificação e contestação.

3. CORPO DE DELITO AMPLIADO: VESTÍGIO, TERRITÓRIO E COMUNIDADE

O exame de corpo de delito permanece núcleo fundamental da prova penal quando a infração deixa vestígios. O Código de Processo Penal determina que, nessas hipóteses, será indispensável o exame direto ou indireto, não podendo supri-lo a confissão do acusado (BRASIL, 1941). Essa regra não é incompatível com os crimes de domínio social estruturado. Ao contrário, torna-se ainda mais relevante, pois a gravidade dos tipos penais e a amplitude de sua incidência exigem maior rigor na demonstração da materialidade e do vínculo estrutural.

A inovação não está em dispensar o corpo de delito, mas em reconhecer que, em certos crimes de rede, o corpo de delito muda de escala. Em um homicídio, o corpo de delito pode concentrar-se no cadáver, nas lesões, no local, nos instrumentos e nos vestígios biológicos. Em um incêndio criminoso, pode concentrar-se no foco inicial, nos padrões de queima, nos resíduos de acelerantes e nos danos patrimoniais. Em um ataque faccionado coordenado, entretanto, os vestígios podem estar simultaneamente em estojos, projéteis, veículos incendiados, barricadas, câmeras clandestinas, mensagens, transferências financeiras, pichações intimidatórias, rotas de fuga, interrupção de serviço público e comportamento coletivo produzido pelo medo.

Frank (2026) sintetiza essa ideia ao afirmar que, em certos crimes de domínio social estruturado, a comunidade pode tornar-se o verdadeiro corpo de delito. A expressão não deve ser lida de modo metafórico excessivo, nem como afastamento da prova técnica. Seu sentido é metodológico: a infração produz efeitos e vestígios distribuídos sobre uma coletividade, de modo que a análise pericial precisa considerar o território, as relações de coerção, a repetição de eventos e a função social dos meios empregados. A comunidade não substitui o objeto periciado; ela amplia o campo de observação dos vestígios.

A noção de vestígio adotada pela legislação processual brasileira após a Lei nº 13.964/2019 favorece essa leitura. A cadeia de custódia é definida como o conjunto de procedimentos utilizados para manter e documentar a história cronológica do vestígio, desde seu reconhecimento até o descarte, e vestígio é todo objeto ou material bruto, visível ou latente, constatado

ou recolhido, relacionado à infração penal (BRASIL, 1941). A relação com a infração penal é, portanto, elemento decisivo. Em crimes estruturais, essa relação pode ser direta, indireta, funcional ou convergente.

Isso significa que o vestígio não precisa estar apenas no ponto de execução material. Uma câmera clandestina instalada para vigiar acesso a território dominado pode ser vestígio de controle. Um conjunto de mensagens que distribui tarefas antes de ataques simultâneos pode ser vestígio de coordenação. Uma planilha de cobranças compulsórias pode ser vestígio de exploração econômica. Um bloqueio de via pode ser vestígio de domínio territorial. Uma sequência de incêndios em ônibus após ordem de liderança prisional pode ser vestígio de retaliação coordenada. O mesmo objeto físico, examinado isoladamente, pode parecer banal; integrado ao contexto, pode adquirir valor probatório estrutural.

A ampliação do campo de observação não elimina as exigências de método. Ao contrário, aumenta a necessidade de delimitação do objeto pericial. O laudo deve esclarecer se examina apenas a materialidade imediata de um evento ou se também busca verificar indicadores de coordenação, repetição, controle territorial, intimidação coletiva, apoio logístico ou inserção do fato em dinâmica criminosa organizada. Sem essa delimitação, há risco de confundir exame técnico com narrativa investigativa ampla.

A preservação do local também passa a exigir visão territorial. Em eventos potencialmente vinculados a facções, a equipe pericial deve considerar perímetros ampliados, rotas de chegada e fuga, pontos de bloqueio, linhas de visada, câmeras públicas e privadas, vestígios frágeis, pichações, objetos de vigilância, artefatos incendiários ou explosivos, rastros de pneus, marcas de frenagem, dispositivos eletrônicos e elementos que revelem a função do evento. A pergunta não é apenas o que aconteceu, mas para que aquele ato serviu dentro de uma possível estrutura de poder.

Essa abordagem aproxima a criminalística de uma leitura funcional do vestígio. A arma não é apenas instrumento de disparo; pode ser mecanismo de demonstração de força. O incêndio não é apenas transformação térmica; pode ser mensagem dirigida ao Estado ou à comunidade. A barricada não é apenas obstáculo físico; pode ser tecnologia rudimentar de controle territorial. A pichação não é apenas dano ao patrimônio; pode ser signo de domínio, ameaça ou comunicação entre grupos. A perícia integradora busca compreender essa funcionalidade sem abandonar a descrição técnica do objeto.

4. PERÍCIA INTEGRADORA DE CONTEXTO ESTRUTURAL

A perícia integradora de contexto estrutural pode ser definida como procedimento técnico-científico destinado a articular, de forma metodologicamente controlada, resultados de exames periciais específicos e demais vestígios regularmente preservados, com o objetivo de verificar se eventos aparentemente autônomos convergem para a demonstração de uma estrutura criminosa organizada. Seu objeto não é a substituição dos laudos especializados, mas a reconstrução técnica das conexões entre eles.

Essa modalidade de análise decorre da própria lógica dos crimes de domínio social estruturado. Se a infração típica pressupõe atuação de organização criminosa ultraviolenta, grupo paramilitar ou milícia privada em contexto de controle, intimidação, coação ou interferência institucional, o exame pericial não pode limitar-se à descrição de efeitos imediatos quando houver indícios técnicos de conexão entre múltiplos eventos. A perícia precisa perguntar se os vestígios revelam padrão comum, coordenação, divisão de tarefas, finalidade coletiva, suporte logístico ou unidade de comando.

A perícia integradora possui natureza multidisciplinar. Pode envolver local de crime, balística, química, incêndio, explosivos, informática forense, documentoscopia, contabilidade, engenharia, geoprocessamento, análise patrimonial, papiloscopia, genética, análise ambiental e avaliação de danos. Também pode dialogar com analistas financeiros, profissionais de inteligência, especialistas em segurança pública e equipes de tecnologia da informação. Esse diálogo, contudo, deve respeitar a distinção entre informação de inteligência, elemento informativo e prova pericial formal.

Relatórios de inteligência, notícias de ocorrência, informações comunitárias, registros administrativos e dados policiais podem orientar hipóteses, apontar conexões e sugerir prioridades. Mas, quando houver vestígios materiais, digitais, ambientais, financeiros ou funcionais, estes devem ser analisados sob o regime do processo penal, com documentação, preservação, cadeia de custódia, metodologia e conclusão fundamentada. A perícia integradora não transforma rumores em prova; ela organiza vestígios verificáveis em uma leitura técnica de convergência.

Essa distinção é especialmente importante porque a criminalidade faccionada costuma produzir forte carga simbólica e grande pressão social por respostas rápidas. A mera atribuição de um fato a determinada facção, com base em reputação territorial ou narrati-

va policial, pode ser insuficiente e perigosa. A perícia integradora exige que a hipótese estrutural seja testada contra os vestígios: há repetição? Há coordenação temporal? Há alvos funcionalmente selecionados? Há comunicação operacional? Há suporte financeiro? Há padrão de armamento, veículo, combustível, assinatura digital ou mensagem? Há conexão entre executores, financiadores e lideranças?

O produto final pode assumir a forma de laudo integrador, relatório técnico-pericial de convergência ou seção integradora dentro de laudo complexo, conforme a organização institucional e a requisição. Em todos os casos, deve preservar a linguagem técnica e evitar conclusões jurídicas reservadas à autoridade policial, ao Ministério Público ou ao Poder Judiciário. O laudo pode afirmar que os elementos são tecnicamente compatíveis com atuação coordenada, domínio territorial, suporte logístico, exploração econômica ou intimidação coletiva. Não deve, contudo, substituir a imputação penal individual nem declarar culpabilidade.

A perícia integradora também exige prudência quanto ao grau de conclusão. Em certos casos, a convergência será alta: múltiplos eventos semelhantes, comunicação prévia, mesmos veículos, mesmos executores, repasses financeiros e impacto coordenado sobre serviços públicos. Em outros, a convergência será intermediária: alguns elementos apontam para organização, mas faltam vínculos, continuidade ou finalidade. Em outros, a hipótese deve ser rejeitada: há crime grave, mas sem sinais de estrutura. A classificação do grau de convergência pode ser útil desde que fundamentada e transparente.

A principal contribuição desse modelo é deslocar a perícia de uma postura apenas descritiva para uma postura descritiva, analítica e integradora. Isso não significa abandonar a objetividade. Significa reconhecer que, diante de crimes de rede, a objetividade não está apenas na medição isolada de vestígios, mas também na demonstração controlada de relações entre vestígios. A estrutura criminosa não aparece como um objeto único; ela é inferida tecnicamente a partir de conexões materiais, digitais, territoriais e econômicas.

5. MATRIZ DE INDICADORES TÉCNICO-PERICIAIS

A proposta de perícia integradora exige uma matriz mínima de indicadores. Essa matriz não constitui rol fechado, nem substitui a análise do caso concreto. Sua função é orientar o raciocínio pericial e evitar tanto a dispersão de informações quanto a atribuição intuitiva de facção. A matriz deve ser aplicada como ferramenta de convergência: cada indicador isolado possui valor limitado; sua força aumenta quando associado a outros elementos tecnicamente demonstrados.

O primeiro eixo é o de padrão e repetição. Eventos semelhantes ocorridos em sequência, no mesmo território ou contra alvos funcionalmente próximos, podem indicar atuação organizada. A repetição relevante não é apenas numérica, mas qualitativa. Interessa saber se há mesmo modo de execução, mesma escolha de horários, mesmo tipo de alvo, mesmo instrumento, mesma mensagem, mesmos veículos, mesmas rotas, mesmos autores ou mesma reação estatal esperada. A repetição transforma o fato isolado em série analítica.

O segundo eixo é a coordenação espaço-temporal. Ações simultâneas ou sincronizadas em locais distintos, especialmente quando atingem infraestruturas críticas, transporte coletivo, bases policiais, unidades prisionais, redes de energia, escolas ou hospitais, sugerem comando ou articulação. A perícia pode reconstruir cronologias, comparar trajetórias, analisar deslocamentos, sincronizar registros de câmeras, verificar geolocalização e correlacionar comunicações anteriores e posteriores aos eventos.

O terceiro eixo é o modus operandi qualificado. Certos meios indicam nível de planejamento e capacidade superior ao crime comum: armamento de alto poder ofensivo, explosivos, artefatos incendiários, bloqueios de vias, uso de drones, rádios, aplicativos criptografados, câmeras clandestinas, veículos clonados, sabotagem de serviços ou alvos estrategicamente escolhidos. O ponto pericial não é impressionar-se com a gravidade do meio, mas demonstrar sua funcionalidade dentro do evento.

O quarto eixo envolve vínculo e pertencimento funcional. A condição de integrante, colaborador ou apoiador não deve ser presumida. Ela pode ser inferida a partir de mensagens operacionais, codinomes, símbolos, divisão de tarefas, prestação de contas, recebimento de valores, geolocalização compatível com ações coordenadas, posse de instrumentos comuns ao grupo, armazenamento de material de propaganda ou ameaça, registros de comando, subordinação ou reiteração em benefício da estrutura. Elementos isolados, como amizade, apelido ou fotografia, são frágeis se não se conectam a função criminosa demonstrável.

O quinto eixo é o controle territorial e social. São indicadores a restrição de circulação, imposição de regras locais, vigilância informal, fechamento de comércio, expulsão ou intimidação de moradores, cobrança de taxas, controle de acesso, bloqueios físicos, pichações que comunicam domínio, destruição de câmeras públicas, monitoramento de viaturas, pontos

de observação e interferência na rotina comunitária. O território, nesse caso, não é apenas cenário; é objeto de domínio.

O sexto eixo diz respeito ao suporte econômico e logístico. Organizações estruturadas dependem de recursos, aquisição de armas, munições, combustíveis, veículos, ferramentas, celulares, chips, hospedagem, esconderijos, pagamentos a executores, manutenção de familiares de presos, empresas de fachada, contas de terceiros, criptoativos, transferências fracionadas e contabilidade informal. A análise financeira e patrimonial pode demonstrar que o evento não foi improvisado, mas sustentado por cadeia de apoio.

O sétimo eixo compreende indicadores digitais e comunicacionais. Mensagens, grupos, metadados, geolocalização, arquivos apagados recuperados, registros de nuvem, imagens de câmeras, drones, perfis em redes sociais, listas de contatos, conversas com codinomes e padrões de linguagem podem revelar comando, coordenação e finalidade. A prova digital, contudo, exige preservação rigorosa, extração tecnicamente adequada, documentação de integridade e interpretação prudente, pois linguagem cifrada, ironia, gíria e contexto podem gerar ambiguidades.

A seguir, apresenta-se uma síntese instrumental da matriz proposta, concebida como ferramenta inicial para estruturação do laudo integrador.

Tabela 1 - Matriz de indicadores técnico-periciais para análise de domínio social estruturado

Eixo	Pergunta pericial	Vestígios possíveis	Cautela interpretativa
Padrão e repetição	O fato integra série de eventos semelhantes?	modus operandi, horários, alvos, armas, veículos, assinaturas materiais	repetição pode decorrer de oportunidade criminal comum
Coordenação espaço-temporal	Houve sincronização ou distribuição estratégica?	cronologia, câmeras, geolocalização, registros de deslocamento, comunicações	simultaneidade não prova comando sem outros vínculos
Modus operandi qualificado	Os meios indicam planejamento ou função coletiva?	explosivos, incêndios, barricadas, drones, rádios, armamento, sabotagem	gravidade do meio não basta para afirmar facção
Vínculo funcional	Há participação útil à estrutura criminosa?	mensagens, codinomes, prestação de contas, ordens, divisão de tarefas	proximidade social não equivale a pertencimento
Controle territorial e social	O evento restringe circulação ou impõe autoridade?	bloqueios, pichações, vigilância, intimidação, fechamento de comércio	área conflagrada não autoriza presunção automática
Suporte econômico-logístico	Há cadeia de financiamento ou apoio material?	PIX, contas de terceiros, combustível, veículos, armas, depósitos, planilhas	fluxo financeiro deve ser correlacionado ao evento
Indicadores digitais	Os registros digitais demonstram coordenação ou finalidade?	metadados, chats, grupos, vídeos, nuvem, dispositivos apreendidos	interpretação depende de integridade, contexto e cadeia de custódia

Fonte: elaborado pelo autor, a partir de Frank (2026) e da sistematização proposta neste artigo.

6. CADEIA DE CUSTÓDIA, MULTIDISCIPLINARIDADE E GOVERNANÇA DA PROVA

A ampliação do campo de análise pericial aumenta a importância da cadeia de custódia. Quanto mais distribuídos os vestígios, maior o risco de perda, contaminação, interpretação desconectada ou mistura indevida entre fontes de informação. Em perícias integradoras, a cadeia de custódia não deve ser pensada apenas como procedimento de acondicionamento de objetos, mas como sistema de governança da prova. É necessário saber de onde veio cada vestígio, quem o reconheceu, como foi coletado, como foi preservado, que exame recebeu, que resultado produziu e como se conecta aos demais elementos.

Nos crimes de domínio social estruturado, podem coexistir vestígios de natureza muito diversa: estojos, projéteis, armas, explosivos, resíduos de acelerantes, celulares, computadores, câmeras, documentos, planilhas, cartões, veículos, rastros, fragmentos, manchas biológicas, dispositivos de vigilância, registros bancários, metadados, imagens, áudios, mapas, dados de georreferenciamento e objetos de comunicação simbólica. Cada categoria exige método próprio. A integração só é válida se respeitar a autonomia técnica de cada exame.

A multidisciplinaridade não deve ser confundida com informalidade. A designação de mais de um perito em perícias complexas encontra respaldo no processo penal brasileiro quando a matéria abranger mais de uma área de conhecimento especializado (BRASIL, 1941). Essa previsão é particularmente

adequada para casos de facções, milícias ou grupos paramilitares, nos quais um único evento pode envolver balística, incêndio, explosivos, informática, engenharia, contabilidade e análise ambiental. O desafio institucional é coordenar esses saberes sem dissolver responsabilidades.

Uma perícia integradora bem estruturada deve possuir plano de trabalho. Esse plano pode incluir delimitação do objeto, inventário dos laudos específicos, identificação de vestígios-chave, cronologia dos eventos, matriz de pessoas, lugares, objetos e comunicações, mapas de distribuição espacial, análise de compatibilidade entre modus operandi, correlação financeira e discussão sobre grau de convergência. O plano também deve indicar limites: quais dados não foram acessados, quais exames não foram possíveis, quais hipóteses permanecem abertas e quais conclusões não podem ser tecnicamente sustentadas.

A governança da prova exige diferenciação entre fontes. O que foi diretamente examinado pelo perito deve ser separado do que foi informado por autoridade policial, vítima, testemunha, relatório de inteligência ou base administrativa. Essa distinção não diminui o valor contextual das informações, mas impede que elementos não periciais sejam apresentados como conclusão técnica. Em um laudo integrador, a transparência sobre a origem de cada dado é condição de confiabilidade e contraditório.

A atuação de contadores, analistas financeiros e especialistas em tecnologia da informação é especialmente relevante. O domínio social estruturado depende de meios materiais e recursos. A aquisição de armas, munições, combustíveis, veículos, chips, equipamentos de comunicação e pagamento de executores deixa rastros econômicos. Empresas de fachada, laranjas, transferências fracionadas, contas de passagem e criptoativos podem funcionar como infraestrutura do crime. A análise financeira, entretanto, deve respeitar autorização legal, escopo da requisição, integridade dos dados e rastreabilidade metodológica.

O geoprocessamento também se apresenta como instrumento útil. Mapas de eventos, rotas de fuga, zonas de controle, pontos de vigilância, alvos estratégicos e áreas de repetição podem revelar padrões invisíveis na leitura textual. O mapa, contudo, não é prova por si. Ele é uma representação analítica que precisa ser alimentada por dados confiáveis, georreferenciados e verificáveis. Mapas mal construídos podem gerar falsa percepção de organização, sobretudo quando confundem concentração criminal com comando estruturado.

No campo digital, a perícia integradora deve zelar pela reprodutibilidade. Extrações de celulares, chats, registros de nuvem, metadados, geolocalização e arquivos multimídia precisam ser documentados de forma que outro técnico possa compreender o caminho de obtenção e análise. Capturas de tela sem contexto, áudios sem cadeia de origem, conversas fragmentadas e mensagens não autenticadas possuem valor limitado. A integração digital deve buscar continuidade, autoria técnica provável, integridade e correlação com eventos materiais.

A governança da prova, portanto, é o alicerce da perícia integradora. Sem cadeia de custódia, delimitação metodológica e transparência de fontes, a integração pode degenerar em compilação narrativa. Com método, ela se torna instrumento capaz de demonstrar a estrutura que se oculta por trás dos fatos, sem transformar a perícia em juízo de culpabilidade.

7. CIRCULARIDADE PROBATÓRIA E FUNÇÃO GARANTISTA DA PERÍCIA

A principal ameaça metodológica na aplicação da Lei Antifacção é a circularidade probatória. Esse problema ocorre quando se afirma que determinado fato é expressão de facção porque ocorreu em área dominada por facção, e se utiliza esse mesmo fato para reforçar a ideia de domínio da área. Também ocorre quando se presume que o agente é integrante porque praticou delito grave em território conflagrado, e se utiliza a suposta integração para agravar o sentido do delito. Em ambos os casos, a conclusão antecede a prova.

A perícia integradora deve funcionar como barreira contra essa circularidade. Seu papel é exigir que cada inferência estrutural esteja apoiada em vestígios ou dados verificáveis. Área conflagrada, reputação de grupo, medo comunitário ou histórico de violência podem orientar hipóteses, mas não substituem a demonstração de coordenação, repetição, função, comunicação, suporte ou controle. A inferência pericial deve ser progressiva: parte dos vestígios, passa pela análise de suas relações e chega, se possível, a uma conclusão graduada sobre convergência estrutural.

Esse ponto possui importância garantista. A Lei nº 15.358/2026 eleva o peso penal de condutas ligadas a facções, milícias e grupos paramilitares. Quanto maior a consequência jurídica, maior deve ser o rigor da prova. A perícia não pode servir como chancela técnica de rótulos genéricos. Deve diferenciar o crime comum praticado em território vulnerável da atuação funcional de organização criminosa; a proximidade social do pertencimento; a coincidência episódica da coordena-

ção; o uso eventual de arma da logística estruturada; a violência local da dominação social.

A análise de vínculo e pertencimento é particularmente sensível. Fotografias, apelidos, contatos telefônicos, presença em grupos de mensagens, parentesco, residência em área conflagrada ou amizade com suspeitos não demonstram, isoladamente, integração a organização criminosa. Esses elementos ganham relevância quando associados a função definida, comunicação operacional, prestação de contas, reiteração temporal, subordinação a ordens, recebimento de valores, participação em ações coordenadas ou guarda de instrumentos do grupo. A perícia deve indicar essa diferença com clareza.

Também é necessário evitar a criminalização do contexto. Comunidades submetidas a facções são, em grande medida, vítimas de domínio social estruturado. Moradores podem conviver com regras impostas, circular em territórios controlados, pagar cobranças compulsórias, utilizar serviços capturados ou silenciar por medo sem, por isso, aderir voluntariamente à organização. Uma perícia que não distingue sujeição de colaboração pode reforçar injustiças e ampliar indevidamente o poder punitivo sobre populações vulneráveis.

A função garantista da perícia não é oposta à eficácia da persecução penal. Pelo contrário, a prova tecnicamente robusta torna a persecução mais legítima e menos vulnerável a nulidades, contestações e arbitrariedades. Quando os vestígios convergem, a perícia integradora fortalece a demonstração de estrutura criminosa. Quando não convergem, impede que hipóteses frágeis sejam apresentadas como certeza. Em ambos os cenários, contribui para a racionalidade do processo penal.

A prudência conclusiva deve ser expressa na linguagem do laudo. Em vez de fórmulas absolutas quando os dados forem parciais, o perito pode indicar graus de compatibilidade, limitações e hipóteses alternativas. Expressões como baixa, intermediária ou alta convergência técnica podem ser úteis, desde que acompanhadas dos critérios adotados. O importante é que a conclusão seja auditável: o leitor deve compreender por que determinados elementos apontam para estrutura e por que outros são insuficientes.

A perícia integradora, portanto, possui dupla face. É instrumento de aprofundamento da prova contra organizações criminosas complexas, mas também mecanismo de contenção técnica contra o uso abusivo da categoria facção. Essa dupla função é coerente com a própria natureza da criminalística: produzir conhecimento sobre vestígios para auxiliar a justiça, não para substituir o julgamento jurídico.

8. PROPOSTA DE ESTRUTURA PARA O LAUDO INTEGRADOR

A operacionalização da perícia integradora exige formato de laudo que permita compreender a passagem da materialidade imediata para a análise estrutural. Uma estrutura possível inicia pela identificação da requisição, delimitação do objeto, histórico sucinto, metodologia e relação dos exames específicos considerados. Em seguida, o laudo deve apresentar descrição dos vestígios materiais, digitais, financeiros e territoriais, indicando origem, forma de obtenção, cadeia de custódia e vínculo com os eventos analisados.

A seção de metodologia merece destaque. Deve explicar se foram analisados laudos anteriores, ocorrências correlatas, exames de informática, dados financeiros, mapas, fotografias, vídeos, comunicações, objetos apreendidos, croquis ou informações de contexto. Também deve distinguir o que foi examinado diretamente pelo perito daquilo que foi recebido de outras fontes. Essa distinção é essencial para que o laudo não aparente possuir certeza técnica sobre dados não submetidos a exame pericial.

A descrição dos eventos deve ser organizada cronologicamente. A cronologia permite identificar simultaneidade, sequência, retaliação, preparação, execução, fuga e efeitos posteriores. Em casos de ataques múltiplos, a linha do tempo pode demonstrar que os fatos não são independentes, mas encadeados. Deve-se correlacionar horários de deslocamento, acionamentos policiais, registros de câmeras, mensagens, disparos, incêndios, explosões, bloqueios, interrupções de serviços e prisões.

A análise territorial deve incluir mapas ou croquis, quando tecnicamente possível. O laudo pode representar pontos de bloqueio, rotas de fuga, locais de vigilância, alvos atacados, áreas de intimidação e conexões com eventos anteriores. O objetivo não é criar ilustração meramente decorativa, mas demonstrar a lógica operacional do espaço. A distribuição dos vestígios pode revelar controle de acessos, seleção estratégica de alvos ou tentativa de dificultar a resposta estatal.

A análise de funcionalidade dos meios empregados deve responder à pergunta: qual foi a função provável daquele meio dentro do evento? Um veículo incendiado pode ter servido para bloquear via, produzir medo, destruir prova, retaliar o Estado ou marcar território. Uma pichação pode ter servido para reivindicar autoria, ameaçar rivais ou sinalizar domínio. Uma câmera clandestina pode ter servido para monitorar entrada de polícia. A função deve ser inferida com cautela e apoiada em convergência de elementos.

A seção de vínculo funcional deve ser especialmente criteriosa. Deve separar executores, apoiadores, financiadores, informantes, responsáveis por logística, operadores digitais e lideranças, quando essa diferenciação for possível. Também deve indicar limitações: identificação não confirmada, comunicação ambígua, ausência de vínculo financeiro, falta de reiteração ou impossibilidade de atribuir função. O pertencimento não deve ser tratado como pressuposto, mas como conclusão eventual.

Na discussão técnico-pericial, o laudo deve integrar os eixos analíticos. Pode examinar se há repetição, coordenação, modus operandi qualificado, suporte logístico, controle territorial, vínculo funcional e impacto coletivo. A conclusão deve apresentar síntese do grau de convergência, evitando invadir a decisão jurídica. A fórmula mais adequada não é declarar que determinado agente cometeu o crime de domínio social estruturado, mas afirmar se os vestígios examinados são compatíveis, pouco compatíveis ou altamente compatíveis com atuação coordenada de estrutura criminosa organizada.

Essa estrutura permite que a perícia integradora seja útil, controlável e contraditável. O laudo deixa de ser uma coleção de anexos e passa a oferecer raciocínio técnico organizado. Ao mesmo tempo, preserva os limites da função pericial, pois não substitui a denúncia, a defesa ou a sentença. Sua contribuição está em reconstruir tecnicamente as conexões entre vestígios.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A criminalidade organizada contemporânea impõe à criminalística o desafio de examinar fatos que já não se apresentam apenas como eventos isolados. Facções, milícias e grupos paramilitares produzem materialidades distribuídas: objetos, locais, comunicações, fluxos financeiros, padrões de repetição, efeitos territoriais e formas de intimidação coletiva. A Lei nº 15.358/2026 explicita juridicamente essa realidade ao tipificar condutas relacionadas ao domínio social estruturado e ao favorecimento desse domínio.

Este artigo sustentou que a resposta criminalística a esse cenário deve passar pela perícia integradora de contexto estrutural. Essa proposta parte de uma premissa simples: o corpo de delito não desaparece nos crimes de rede, mas muda de escala. Em determinadas situações, a comunidade, o território e os fluxos que atravessam a vida social tornam-se campo de vestígios. O exame pericial deve, portanto, ser capaz de articular o local, o objeto, o dado digital, a movimentação financeira, o padrão cronológico e o efeito comunitário.

A perícia integradora não substitui os exames tradicionais. Sua força está justamente em respeitar a especificidade dos laudos de local, balística, informática, contabilidade, engenharia, incêndio, explosivos, documentoscopia, química, genética ou meio ambiente, e integrá-los em uma leitura de convergência. O que se propõe não é flexibilizar a prova, mas torná-la mais adequada à complexidade do fenômeno examinado.

A matriz de indicadores apresentada permite organizar o raciocínio pericial em torno de sete eixos: padrão e repetição, coordenação espaço-temporal, modus operandi qualificado, vínculo funcional, controle territorial e social, suporte econômico-logístico e indicadores digitais. Nenhum desses eixos, isoladamente, prova atuação faccionada. A conclusão técnica depende da convergência entre eles, da qualidade dos vestígios, da cadeia de custódia e da coerência metodológica da análise.

A principal cautela reside no risco de circularidade probatória. Não se deve afirmar que há facção apenas porque o fato ocorreu em área de facção, nem que alguém integra organização criminosa apenas porque praticou delito grave em território conflagrado. A perícia deve diferenciar contexto de prova, proximidade de pertencimento, coincidência de coordenação e violência comum de domínio social estruturado. Essa distinção é tanto uma exigência técnica quanto uma garantia processual.

Conclui-se que a perícia criminal, diante do domínio social estruturado, precisa ser técnica, integradora, multidisciplinar e prudente. Técnica, porque depende de vestígios e métodos. Integradora, porque deve conectar dados dispersos. Multidisciplinar, porque o fenômeno atravessa materialidade física, digital, financeira e territorial. Prudente, porque sua força repousa na capacidade de demonstrar, e não de presumir. Em tempos de crime organizado em rede, provar não é apenas encontrar vestígios: é compreender como eles se conectam.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940. Código Penal. Diário Oficial da União: seção 1, Rio de Janeiro, 31 dez. 1940.

BRASIL. Decreto-Lei nº 3.689, de 3 de outubro de 1941. Código de Processo Penal. Diário Oficial da União: seção 1, Rio de Janeiro, 13 out. 1941.

BRASIL. Lei nº 9.613, de 3 de março de 1998. Dispõe sobre os crimes de lavagem ou ocultação de bens,

direitos e valores. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 4 mar. 1998.

BRASIL. Lei nº 12.850, de 2 de agosto de 2013. Define organização criminosa e dispõe sobre a investigação criminal, os meios de obtenção da prova, infrações penais correlatas e o procedimento criminal. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 5 ago. 2013.

BRASIL. Lei nº 13.964, de 24 de dezembro de 2019. Aperfeiçoa a legislação penal e processual penal. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 24 dez. 2019.

BRASIL. Lei nº 15.358, de 24 de março de 2026. Institui o Marco Legal do Combate ao Crime Organizado no Brasil (Lei Raul Jungmann); tipifica os crimes de domínio social estruturado e de favorecimento ao domínio social estruturado. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 25 mar. 2026.

FELTRAN, Gabriel. Irmãos: uma história do PCC. São Paulo: Companhia das Letras, 2018.

FOUCAULT, Michel. Vigiar e punir: nascimento da prisão. Petrópolis: Vozes, 1975.

FRANK, Paulo Ricardo Ost. A Lei Antifacção: quando a comunidade é o corpo de delito. 1. ed. [S.l.]: Clube de Autores, 2026.

MISSE, Michel. Crime e violência no Brasil contemporâneo: estudos de sociologia do crime e da violência urbana. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Strengthening forensic science in the United States: a path forward. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2009.

SANTOS, José Vicente Tavares dos; TEIXEIRA, Alex Niche; RUSSO, Maurício (org.). Violência e cidadania: práticas sociológicas e compromissos sociais. Porto Alegre: Sulina, 2011.

UNITED NATIONS. United Nations Convention against Transnational Organized Crime and the Protocols Thereto. New York: United Nations, 2004.

WACQUANT, Loïc. As prisões da miséria. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

WEBER, Max. Economia e sociedade: fundamentos da sociologia compreensiva. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 1999.

ZALUAR, Alba. Integração perversa: pobreza e tráfico de drogas. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 2004.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Xandroid: plataforma de auditoria de campo e blindagem da cadeia de custódia por criptografia offline

A. D. Moura[a,*]

[a]*Instituto de Criminalística, Polícia Civil do Distrito Federal, Brasília (DF), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: alexdmoura@gmail.com. Tel.: +55-61-98220-9303.*

Palavras-chave: cadeia de custódia; blindagem probatória; metrologia legal processual; auditoria de campo; inovação forense.

A documentação do local de crime é o alicerce da cadeia de custódia dos vestígios (art. 158-A do Código de Processo Penal; Brasil, 1941). Contudo, a rotina pericial na Seção de Crimes contra a Pessoa (SCPe) da Polícia Civil do Distrito Federal enfrentava vulnerabilidades críticas: a dependência de registros analógicos sujeitos a extravio, a ilegibilidade das anotações e a defasagem temporal entre o processamento do local e a inserção dos dados no sistema institucional — o chamado limbo temporal da custódia. O Xandroid surge como uma arquitetura de soberania tecnológica, concebida para mitigar essas vulnerabilidades por meio de um aplicativo web (PWA) que prioriza a operação offline-first.

A metodologia de desenvolvimento baseou-se em uma abordagem human-in-the-loop: o autor, Perito Criminal, idealizou e conduziu a programação da solução (stack React e Vite), empregando inteligência artificial — os modelos Claude, da Anthropic — estritamente como copiloto de codificação, sob supervisão técnica rigorosa, a fim de garantir conformidade com os procedimentos operacionais padrão e o controle humano sobre a lógica de segurança. Estima-se um envolvimento direto do autor entre 320 e 380 horas, a custo institucional nulo, distribuídas em cinco meses e mais de 400 versões. O produto opera integralmente no aparelho, sem servidor próprio nem infraestrutura dedicada, e tem a estabilidade amparada por 3.361 testes automatizados.

O sistema permite a captura estruturada de vestígios e a documentação anatômica e veicular padronizada — 182 regiões de mapeamento corporal e 81 pontos de marcação distribuídos em 33 vistas veiculares —, impondo uma taxonomia controlada que mitiga o viés e a subjetividade do registro. A facilidade de uso decorre da automação: a tela revela apenas os campos pertinentes ao local escolhido e vinte rotinas de inferência pré-preenchem o registro — a descrição do vestígio seleciona os exames, a região tocada na silhueta resolve a micro-região do catálogo oficial e a placa consultada devolve marca, modelo, cor e chassi. O croqui é traçado em ambiente vetorial com escala métrica e cotas, o que confere ao desenho o estatuto de registro dimensional auditável. Diferencialmente, gera de imediato, no próprio dispositivo de campo, uma cópia de segurança selada por função resumo SHA-256, em aderência à norma NBR ISO/IEC 27037 (ABNT, 2013); a leitura óptica de QR Code dos lacres, já operacional, sela o elo entre a documentação de campo e o acondicionamento físico do vestígio.

Os resultados demonstram que a implementação não apenas elimina o retrabalho de redigitação, mas eleva o padrão de auditoria ao nível de metrologia legal processual: a prova é congelada digitalmente ainda na zona quente do atendimento, criando uma impressão digital imutável que blinda o elo de coleta contra impugnações, em plena aderência ao art. 158-B do CPP (Brasil, 2019; Prado, 2019). A integração com o sistema institucional de tramitação de vestígios (NEO), em produção desde agosto de 2026, fechou o ciclo nos dois sentidos: a ocorrência é importada sem redigitação e o exame externo — croqui, materiais, lacres e destinos — retorna ao sistema oficial do próprio dispositivo, ainda no local. A ferramenta foi incorporada à ro-

tina de plantão da SCPe e empregada em mais de 50 locais de crime.

Conclui-se que o Xandroid constitui um modelo replicável de baixo custo e alta segurança, que comprova que a inovação pericial efetiva nasce da autonomia técnica do perito sobre seus instrumentos de trabalho. As frentes em curso ampliam o alcance do que já opera: a hospedagem em infraestrutura interna da corporação, que permitirá o envio ao sistema oficial fora da rede do Instituto de Criminalística, a distribuição em lojas de aplicativos para Android e iOS e a extensão do modelo a outras seções periciais.

REFERÊNCIAS:

ABNT — Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2013. NBR ISO/IEC 27037: diretrizes para identificação, coleta, aquisição e preservação de evidência digital. Rio de Janeiro: ABNT.

Brasil. 1941. Decreto-Lei nº 3.689, de 3 de outubro de 1941. Código de Processo Penal, arts. 158-A a 158-F (cadeia de custódia). Rio de Janeiro: Diário Oficial da União.

Brasil. 2019. Lei nº 13.964, de 24 de dezembro de 2019. Aperfeiçoa a legislação penal e processual penal (Pacote Anticrime). Brasília: Diário Oficial da União.

Prado, G. 2019. A cadeia de custódia da prova no processo penal. 1 ed, São Paulo: Marcial Pons.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Centralização das contratações para modernização da Polícia Científica, realizadas pelo Fundo Nacional de Segurança Pública - SENASP/MJSP, como meio para economicidade

L. B. Santos Júnior[a,*], M. B. N. Homem[a], D. D. Silveira[a], E. de O. Manso[a], D. F. Espíndola Júnior[a]

[a]Diretoria de Gestão do Fundo Nacional de Segurança Pública, Secretaria Nacional de Segurança Pública do Ministério da Justiça e Segurança Pública, Brasil

**Endereço de e-mail para correspondência: ladislaubrito@gmail.com cel.: +55 92 98123-4223.*

Palavras-chave: Economicidade; Licitações Centralizadas; Fundo Nacional de Segurança Pública; Polícia Científica; Secretaria Nacional de Segurança Pública- SENASP.

O Fundo Nacional de Segurança Pública – FNSP, instituído pela Lei Nº 13.756/2018, é o maior financiador da Segurança Pública no Brasil. Tem como objetivo garantir recursos para apoiar projetos que possibilitem o reaparelhamento e modernização das Instituições de Segurança Pública, prevenção da criminalidade e atuação integrada dos órgãos de segurança pública e perícia.

A gestão é realizada pela Diretoria de Gestão do FNSP, a DGFNSP da Secretaria Nacional de Segurança Pública – SENASP do Ministério da Justiça e Segurança Pública-MJSP. O Programa de Compras Eficientes para o Sistema Único de Segurança Pública – ComprasSusp, instituído pela Portaria Nº 669/2020 do MJSP, tem como objetivo realizar compras públicas com ganho de escala e qualidade, fomentando modernização, padronização e transparência, gerando economia de tempo e recursos humanos para os integrantes do Sistema Único de Segurança Pública – SUSP. As contratações são realizadas para atender demandas do MJSP e dos integrantes do SUSP, possibilitando a otimização do planejamento comum, tendo como um dos produtos as atas de registro de preços dos equipamentos e serviços prioritários.

Para avaliação da economicidade obtida nas contratações de itens (equipamentos e insumos) utilizados pela Polícia Científica, utilizou-se como referência os valores constantes nas atas de registro de preço com vigência iniciada nos anos de 2024, 2025 e 2026 (até abril), decorrentes de licitações, na modalidade pregão, com critério de julgamento pelo menor preço, em conformidade com a Lei nº 14.133/2021. A pesquisa das atas foi realizada no endereço eletrônico do MJSP que contém informações públicas sobre as contratações da SENASP (https://www.gov.br/mj/pt-br/acesso-a-informacao/licitacoes-e-contratosv1/licitacoes-e-contratos-senasp/cglic/contratos_senasp/contratos_senasp). O preço estimado de cada item foi definido por pesquisa de preços, realizada em conformidade com a instrução normativa SEGES/ME Nº 65, de 7 de julho de 2021. Para mensuração da economicidade, verificou-se a redução de valores obtida na contratação em relação ao preço estimado, considerando os valores unitários e o valor total da contratação, que incluiu o total registrado na ata (órgão gerenciador e partícipes). Ao todo, foram analisados 23 itens de 21 atas, cuja soma total dos valores registrados foi de R$ 516.203.629,45. A redução média de valores por item foi de 40,59%, com mediana de 39,90% e amplitude de 0,21% (Equipamento de limpeza ultrassônica) a 86,69% (Kit de amplificação de Y - STR-s para DNA humano). A economicidade total das contratações foi de R$ 340.135.160,58 (trezentos e quarenta milhões, cento e trinta e cinco mil, cento e sessenta reais e cinquenta e oito centavos).

A redução significativa de valores nas contratações provavelmente ocorreu devido a dois fatores: ganho de escala e prospecção eficiente do mercado.

O ganho de escala se deve a participação massiva dos órgãos de Segurança Pública na Intenção de Registro de Preços, possibilitando o atendimento das necessidades com eficiência administrativa e maior celeridade. Segundo Santos (2025), o aumento do volume de demanda é o fator mais consistente relacionado à redução do preço médio por unidade adquirida. Economicidade expressiva em compras públicas compartilhadas (49,89%) também foi verificada por Silva e Barki (2012).

A prospecção eficiente de mercado, possibilita a identificação de soluções que atendem as necessidades da administração pública, sem perda de qualidade, fomentando a participação de mais licitantes. O incremento na competitividade gera uma redução expressiva nos preços finais das contratações (Ferreira, 2023). O conhecimento abrangente das soluções disponíveis no mercado foi obtido com atuação integrada das Equipes de Planejamento da Contratação com especialistas de todas as Polícias Científicas, por meio dos Grupos de Trabalho Integrados - GTIs, possibilitando a identificação precisa das necessidades e prioridades, aliado à participação em eventos, com exposições e apresentações das mais modernas tecnologias disponíveis no mercado.

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Lei nº 13.756, de 12 de dezembro de 2018. Dispõe sobre o Fundo Nacional de Segurança Pública (FNSP), sobre a destinação do produto da arrecadação das loterias e sobre a promoção comercial e a modalidade lotérica denominada apostas de quota fixa [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13756.htm. Acesso em: 27 maio. 2026.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Portaria nº 669, de 15 de dezembro de 2020. Institui o Escritório do ComprasSusp no âmbito do Ministério da Justiça e Segurança Pública e dá outras providências. Brasília, DF: MJSP, 2020. Disponível em: < https://dspace.mj.gov.br/handle/1/2486 >. Acesso em: 27 maio. 2026.

BRASIL. Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021. Estabelece normas gerais de licitação e contratação para as Adminis-trações Públicas Diretas, Autárquicas e Fundacionais da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Brasília, DF: Presidência da República, 2021. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm. Acesso em: 27 maio. 2026.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Gestão. Instrução Normativa SEGES/ME nº 65, de 7 de julho de 2021. Dispõe sobre o procedimento administrativo para a realização de pesquisa de preços para a aquisição de bens e contratação de serviços em geral, no âmbito da Administração Pública federal direta, autárquica e fundaci-onal. Brasília, DF: ME, 2021. Disponível em: < https://www.gov.br/compras/pt-br/acesso-a-informacao/legisla-cao/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-seges-me-no-65-de-7-de-julho-de-2021>. Acesso em: 27 maio. 2026.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Secretaria Nacional de Segurança Pública (SENASP). Contratos SENASP: Coordenação-Geral de Licitações e Contratos (CGLIC). Brasília, DF: MJSP, [2026]. Disponível em: https://www.gov.br/mj/pt-br/acesso-a-informacao/licitacoes-e-contratosv1/licitacoes-e-contratos-se-nasp/cglic/contratos_senasp/contratos_senasp. Acesso em: 27 maio. 2026.

FERREIRA, Raíssa Marçal de Barros. As variáveis que influenciam na economicidade obtida pelos pregões eletrôni-cos no âmbito da Universidade Federal de Pernambuco. 2023. 123 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Pública) – Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023. Disponível em:<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/53731/1/DISSERTAÇÃO%20Raíssa%20Mar-çal%20de%20Barros%20Ferreira.pdf >. Acesso em: 27 maio. 2026.

SANTOS, Felipe Medeiros dos. Economia de escala em compras governamentais de saúde: o efeito do volume de aquisição na redução de custos por unidade. 2025. 64 f. Monografia (Graduação em Administração) – Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2025. Disponível em:
<https://repositorio.ufrn.br/server/api/core/bitstreams/a1b0ed25-4bad-4fcc-b3fd-1842769d1ffd/content>. Acesso em: 27 maio. 2026.

SILVA, Renato Cader da; BARKI, Teresa Villac Pinheiro. Compras públicas compartilhadas: a prática das licitações sustentáveis. Revista do Serviço Público, Brasília, v. 63, n. 2, p. 157-175, abr./jun. 2012. Disponível em:< https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/1817/1/Compras%20públicas%20compartilhadas_a%20prá-tica%20das%20licitações%20sustentáveis.pdf>. Acesso em: 27 maio. 2026.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

O Último em 27 Entes Federativos: a Proposta do Instituto de Criminalística da PCDF para Consolidar-se como Ponto Central e Exclusivo no Processo de Extração de Dados de Dispositivos de Informática

L. de S. Oliveira[a,*]

[a]*Instituto de Criminalística da PCDF*

[*]*Endereço de e-mail para correspondência: leosol@gmail.com. Tel.: +55-61 984255686*

Palavras-chave: perícia de informática, exclusividade da extração de celulares, Celebrite.

1. APRESENTAÇÃO

O Brasil conta com 26 estados e o Distrito Federal. Em todos esses entes, as polícias civis já são corresponsáveis pela extração de dados de aparelhos celulares. No entanto, o Instituto de Criminalística da Polícia Civil do Distrito Federal (IC/PCDF) se destaca como o último entre os institutos a manter centralizado e exclusivo esse processo em sua unidade especializada de perícias de informática. Essa posição é consequência de uma sequência de deliberações fundamentadas em análise técnica, jurídica e operacional.

Esta palestra apresenta o conjunto de iniciativas estruturantes que o IC/PCDF vem implementando para tornar essa escolha sustentável e escalável: investimentos superiores a R$ 10 milhões em infraestrutura, reformulação de métodos e processos, criação de um laboratório forense integrado, adoção de workstations virtuais, reforço de efetivo e direcionamento no sentido de construir uma robusta Central de Cadeia de Custódia de Vestígios Digitais, viabilizada pelo sucesso do sistema institucional NEO.

2. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA

A crescente judicialização da cadeia de custódia digital impõe desafios sem precedentes às organizações de segurança pública. Pesquisas como a do LabRisk/UnB revelam uma escalada exponencial de decisões judiciais envolvendo questões de cadeia de custódia de vestígios digitais: de apenas 2 decisões colegiadas em 2017 para 607 em 2025, além de 5.556 decisões monocráticas — **números que demonstram que falhas na cadeia de custódia comprometem diretamente a validade probatória das perícias digitais**.

3. OBJETIVOS DA APRESENTAÇÃO ORAL

- Apresentar a decisão institucional da PCDF de manter centralizada no IC a extração de dados de dispositivos de informática e os fundamentos técnicos e jurídicos que a embasam.
- Compartilhar o conjunto de iniciativas estruturantes do Projeto LEDDI (Linha de Extração de Dados de Dispositivos de Informática), detalhando o pipeline de extração em três níveis de complexidade.
- Demonstrar como a infraestrutura de workstations virtuais e o storage centralizado transformam o paradigma de acesso e consumo de dados periciais.
- Apresentar os dados do LabRisk/UnB sobre a escalada de incidentes de cadeia de custódia e discutir como a centralização especializada mitiga esses riscos.
- Apresentar a proposta de modelo para outros institutos de criminalística que busquem con-

solidar ou reestruturar suas unidades de perícia digital.

4. RESULTADOS ESPERADOS DA PALESTRA:

- Difundir o modelo técnico e de gestão adotado pelo IC/PCDF, contribuindo para o debate nacional sobre boas práticas em perícia digital.
- Sensibilizar gestores e operadores do direito sobre os riscos técnicos e jurídicos decorrentes da descentralização não estruturada da extração de dados.
- Fomentar parcerias interinstitucionais para o desenvolvimento de infraestrutura de custódia digital e capacitação técnica.
- Apresentar evidências empíricas que subsidiem políticas públicas e normativas sobre perícia digital no âmbito das polícias civis brasileiras.

Ê. R. Viana, F. Í. G. da Silva, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

LOCARD PDF: Módulo Integrado de Análise Forense de Documentos PDF para o Framework Audiovisual LOCARD

Ê. R. Viana[a,b], F. Í. G. da Silva[a]

[a]*niversidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza (CE), Brasil*
[b]*Perícia Forense do Estado do Ceará (PEFOCE), Fortaleza (CE), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: eniocc@gmail.com*

Palavras-chave: forense digital; análise de PDF; LOCARD; YARA; assinatura digital.

1. INTRODUÇÃO

O *Portable Document Format* (PDF) consolidou-se como o padrão de facto para o intercâmbio de documentos em ambientes corporativos, governamentais e judiciais. Sua flexibilidade — que permite encapsular textos, imagens, formulários interativos, código JavaScript, arquivos embutidos e assinaturas criptográficas — também o transformou em um dos vetores mais explorados por agentes maliciosos para a distribuição de malware e para a perpetração de fraudes documentais [2,7]. Em paralelo, peritos criminais brasileiros vêm enfrentando volumes crescentes de evidências documentais cuja análise exige ferramentas específicas, frequentemente fragmentadas entre utilitários de linha de comando, scripts isolados e suítes comerciais de código fechado [1].

O projeto *LOCARD: An Audiovisual Framework for Forensic Application* surgiu para enfrentar o problema da fragmentação de ferramentas na esfera multimídia, oferecendo uma plataforma unificada para análise de áudio e vídeo nos moldes do modelo forense distribuído brasileiro. No entanto, investigações reais raramente se restringem a uma única classe de evidência: documentos PDF acompanham *prints* de tela, chats exportados, vídeos de circuito interno e laudos periciais. Para preencher essa lacuna, foi desenvolvido o submódulo aqui descrito, denominado LOCARD PDF.

Este resumo expandido apresenta a arquitetura, as capacidades forenses e os fundamentos de implementação do submódulo LOCARD PDF, totalmente integrado ao ecossistema do *framework* hospedeiro. O nome do projeto remete diretamente ao princípio de Edmond Locard — segundo o qual todo contato deixa um traço — princípio que possui formulação análoga aplicável ao mundo digital [9]. O módulo entrega ao perito uma bancada única para inspeção estrutural, análise heurística, validação criptográfica e correlação de indicadores em documentos PDF, padronizando o fluxo de trabalho e preservando a cadeia de custódia.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TRABALHOS CORRELATOS

A análise forense de documentos PDF apresenta desafios estruturais que diferem substancialmente daqueles encontrados em mídias audiovisuais. A especificação ISO 32000 [10] define o PDF como um conjunto não linear de objetos indexados por uma *Cross-Reference Table* (XRef), o que permite quatro classes de complicações típicas para o examinador:

- Estrutura não linear: objetos espalhados ao longo do arquivo, com referências cíclicas, *Object Streams* (/ObjStm) e atualizações incrementais que podem ocultar versões anteriores do documento [10].
- Cadeias de codificação: dados úteis frequentemente residem dentro de cadeias de filtros (*FlateDecode*, ASCIIHexDecode, LZWDecode), exigindo decodificação ativa antes de qualquer varredura semântica.
- Conteúdo dinâmico: JavaScript embutido, ações /OpenAction e /AA (*Additional Actions*)

permitem a execução automática de código no momento da abertura, sendo um vetor recorrente em campanhas de *phishing* e *exploits* [2,7].

- Fraudes de assinatura: documentos em conformidade com PAdES podem ser modificados após assinados por meio dos chamados *Shadow Attacks*, comprovadamente eficazes contra a maioria dos leitores de mercado [4,5].

Ferramentas como pdfid e pdf-parser [3] popularizaram a triagem estática de PDFs, mas operam em linha de comando, exigem múltiplas invocações encadeadas e não integram visualização, validação de assinaturas, análise de entropia ou *threat hunting* baseado em regras. Pesquisas posteriores aplicaram aprendizado de máquina à detecção de PDFs maliciosos [7,8], porém na rotina pericial a explicabilidade dos achados continua sendo requisito imprescindível para o relatório técnico [1].

O *Peritus Framework* [1] demonstrou que a centralização de ferramentas em um ambiente único, auditável e modular eleva a qualidade da prova pericial em modelos distribuídos como o brasileiro. O submódulo LOCARD PDF transporta esse paradigma para a esfera documental, suprindo a lacuna entre triagem automatizada e dissecação manual aprofundada.

3. ARQUITETURA DO MÓDULO LOCARD PDF

O LOCARD PDF foi desenvolvido em C++ moderno e organizado em três camadas, com fronteiras claras entre o motor analítico, as fontes de dados e a interface gráfica. A Fig. 1 sintetiza a estratificação proposta. As bibliotecas externas adotadas são todas de código aberto: QPDF [12] para o parsing preservativo da estrutura PDF, Poppler para renderização visual fiel, YARA [11] para pattern matching heurístico, OpenSSL para criptografia assimétrica e hash, e Dear ImGui para a construção do front-end gráfico em estilo docking.

3.1. Abstração de fontes de dados

A interface *IDataSource* permite que toda a análise seja executada sobre fontes heterogêneas: arquivos em disco (*FileDataSource*), regiões de memória volátil (*MemoryDataSource, ProcessMemoryDataSource*), setores brutos de disco (*RawDiskDataSource*) e até pacotes de rede (*UdpPacketDataSource*). Essa abstração é estratégica em cenários nos quais o PDF não está disponível como artefato isolado — por exemplo, *carving* em imagens de disco, captura ao vivo de processos suspeitos ou interceptação de tráfego —, situações comuns no fluxo de triagem descrito em modelos forenses contemporâneos [1].

3.2. Motor analítico (PdfAnalyzer)

O PdfAnalyzer é a peça central do submódulo. Ele percorre a hierarquia de objetos PDF a partir do trailer, monta uma representação navegável da árvore de dicionários, *arrays*, *streams* e primitivos, e expõe APIs para cálculo estatístico, varredura de regras, decodificação ASN.1 (assinaturas PKCS#7) e extração de indicadores de comprometimento. Módulos especializados como *YaraManager, IOCExtractor e PdfComparator* operam sobre essa representação compartilhada, evitando releituras redundantes do arquivo bruto.

3.3. Interface gráfica e ergonomia

A camada gráfica utiliza Dear ImGui com painéis dockáveis, atalhos de teclado e layouts predefinidos (*Clean, General Analysis, Forensics*, *Visual Tools*). O analista pode salvar perfis próprios e alternar contextos rapidamente. Uma barra de busca centralizada (estilo *Spotlight*, atalho Ctrl+Space) localiza qualquer painel pelo nome, reduzindo a sobrecarga cognitiva característica de suítes com dezenas de janelas.

4. CAPACIDADES FORENSES E IMPLEMENTAÇÃO

O submódulo concentra mais de cinquenta funcionalidades distribuídas em dez categorias temáticas. As subseções a seguir descrevem o conjunto consolidado.

4.1. Navegação estrutural e inspeção de objetos

O painel *Object Tree* reconstrói o documento como árvore hierárquica, enquanto o *XRef Inspector* expõe a tabela de referência cruzada com gerações e *offsets*, condição necessária para identificar objetos não mapeados. O *Object Stream Explorer* navega dentro de objetos /ObjStm típicos de PDFs comprimidos e o *Action Flow Graph* visualiza, em forma de grafo, a cadeia Abertura → Gatilho JS → URI executada — recurso decisivo para evidenciar *malware* multifase [2].

4.2. Análise de baixo nível, entropia e slack space

O *Hex Editor* integrado oferece patching, marcadores e busca de padrões, operando indistintamente sobre disco, memória ou rede graças à abstração *IDataSource*. O *Stream Viewer* exibe o conteúdo bruto e decodificado dos streams, e o *Stream Decoder* permite testar filtros isolados (*Flate, ASCIIHex, LZW*) sobre fragmentos suspeitos. O *Hash Calculator* gera MD5,

SHA-1 e SHA-256 do arquivo ou de blocos, viabilizando a integridade da evidência e a consulta cruzada em bases como VirusTotal.

A análise de Entropia de Shannon é apresentada em histograma e em mapa térmico bidimensional. Como reportado na literatura [6], zonas com entropia superior a 7,5 bits/byte indicam fortemente a presença de dados cifrados, comprimidos ou ofuscados. O *Slack Space Inspector* examina o espaço após o marcador %EOF e os hiatos entre objetos — regiões reconhecidamente exploradas para ocultar *payloads* fora da estrutura indexada do documento.

4.3. Metadados, proveniência e linha do tempo

O painel Metadata lê tanto o dicionário /Info legado quanto os metadados XMP em XML, e a Timeline agrega todas as datas encontradas — criação, modificação, carimbos em assinaturas digitais e revisões — em visão cronológica única. O verificador PDF/A Compliance sinaliza recursos dinâmicos proibidos pelo padrão ISO de arquivamento de longo prazo, alertando sobre documentos atípicos. A função Geolocation extrai coordenadas GPS dos cabeçalhos XMP e dos EXIF de imagens embutidas, recurso útil em investigações de vazamento documental.

4.4. Heurística, análise incremental e caça a ameaças

Um avaliador heurístico classifica o documento em quatro níveis (*Low, Medium, High, Critical*) com base em uma combinação ponderada de indicadores: presença de /JS, /Launch, /OpenAction, objetos órfãos, avisos do parser QPDF e regras YARA acionadas. A *Orphaned Object Detection* mapeia todos os objetos fisicamente presentes no fluxo binário e os confronta com a tabela XRef; quaisquer objetos não catalogados são marcados como órfãos, padrão clássico de adulteração [10]. O *JavaScript Extractor* localiza, deofusca e embeleza automaticamente o código embutido, recurso essencial dada a prevalência de droppers ocultos em campos de formulário [2,7].

O painel Incremental *Updates / Gaps* visualiza, segmento a segmento, todas as atualizações incrementais aplicadas após a versão inicial do PDF, permitindo ao perito distinguir a versão originalmente assinada das modificações posteriores — pré-requisito para identificar *Shadow Attacks* descritos por Mainka et al. [4] e por Mladenov et al. [5]. A *Action Inspection* enumera todas as ações automáticas e o painel QPDF Warnings concentra os avisos sintáticos da *engine* subjacente [12], frequentemente correlacionados com tentativas de *exploit* de *parsers*.

O YARA Rules Manager permite carregar conjuntos de regras *.yar* e o *Malware Scan* aplica-as não apenas ao arquivo bruto, mas também aos *buffers* já decodificados pelo QPDF — fundamental para transpor camadas de ofuscação [11].

4.5. Extração de artefatos e indicadores de comprometimento

O *IOC Extractor* aplica expressões regulares sobre todo o conteúdo decodificado para coletar URIs (http/s), endereços IPv4 e endereços de e-mail, organizando-os em lista exportável. O *Embedded Files Extractor* identifica anexos ocultos em /Names e em fluxos /EmbeddedFiles e permite o dump para disco. O Links / *URIs Inventory* cataloga todas as anotações /Link que disparam endereços externos — vetor primário de *phishing* documental. O *AcroForm Inspector* detalha campos interativos (texto, *checkboxes*, listas) e o *Annotations Reader* lista comentários, realces e stamps que frequentemente preservam histórico de revisões internas. O *Keyword Scanner* faz varredura otimizada por strings sensíveis (eval, powershell.exe, /JavaScript, /Launch).

4.6. Recursos multimídia e tipografia

A *Image Gallery* processa todos os /XObject / Image, convertendo *colorspaces* nativos e aplicando os filtros declarados, com exportação em formato comum. Sobre as imagens extraídas opera o módulo de esteganografia, que fatia bit-planes do *Least Significant Bit* (LSB), técnica de detecção visual amplamente estudada na literatura forense [13]. Os módulos *Fonts* e *Font Table Inspector* mapeiam fontes embutidas (Type1, TrueType, CFF) e desempacotam tabelas de glifos (glyf, loca) — superfícies historicamente associadas a vulnerabilidades severas de *parsers* de fontes em sistemas operacionais e leitores de PDF.

4.7. Assinaturas digitais (PKCS#7/PAdES)

O *Digital Signatures Panel* concentra a análise de autenticidade. Ele desempacota o *payload* PKCS#7, decodifica a árvore ASN.1, e exibe a cadeia X.509 do assinante (*Subject*) e do emissor (*Issuer*), checando validades. A visualização gráfica do array /ByteRange evidencia quais porções do arquivo estão sob cobertura criptográfica e expõe imediatamente as áreas anexadas fora da cobertura — janela de oportunidade dos *Shadow Attacks* [4]. A *Cryptographic Assessment* classifica a força dos algoritmos empregados (alertando contra MD5, SHA-1 ou RSA-1024 [5]) e processa as estruturas DSS/LTV para *Long Term Validation*, incluindo dados de revogação (CRL/OCSP).

4.8. Visualização estatística e relatórios

Além do *heatmap* de entropia, o *Text DNA Visualizer* colore bytes por classe (alfanuméricos, controle, high-bit), facilitando o reconhecimento visual de *shellcodes* imersos no fluxo. O *File Layout Map* mostra a distribuição física dos objetos, o *Resource Treemap* informa quais recursos (imagens, fontes, texto) consomem maior espaço, e o *Page Geometry* inspeciona definições físicas (*MediaBox, CropBox, BleedBox*) para identificar conteúdos ocultos fora das margens visíveis. Os painéis *Statistics Dashboard* e *Compression Analysis* consolidam contadores quantitativos e taxas de compactação por filtro.

O *Report Generator* compila um documento de saída em *Markdown* ou HTML reunindo nível de risco, *hashes*, regras YARA acionadas, IOCs, metadados e linha do tempo, alinhando-se ao processo de Documentação contínua descrito em [1] e viabilizando integração imediata ao laudo pericial.

4.9. Ferramentas auxiliares e extensibilidade

O *Helpful Tools Belt* reúne utilitários técnicos comumente requisitados (conversor de bases, tabela ASCII, calculadora binária/hexadecimal, byte *swapper*, visualizador IEEE-754, *splitter/merger/shred* de arquivos, testador de regex, cliente HTTP/TCP, *demangler* C++). O Compare / Diff (Ctrl+D) realiza *diffing* binário entre o arquivo aberto e uma referência, marcando blocos adicionados ou removidos — operação típica de comparação entre versões alegadamente íntegras. A *Advanced Search* (Ctrl+F) cobre simultaneamente hex, *strings* ASCII e expressões regulares, no fluxo bruto e nos streams decodificados.

O sistema *Locard Plugin Manager*, exposto via LocardSDK.h, permite o carregamento dinâmico de bibliotecas externas que adicionam novas *views*, novos analisadores ou novos *decoders* sem recompilação do núcleo. Esse mecanismo possibilita a incorporação progressiva de detectores baseados em aprendizado de máquina [8] e *parsers* dedicados a ameaças emergentes, alinhando-se ao modelo de "centro de conhecimento" defendido por Cunha et al. [1].

5. DISCUSSÃO

Em relação a utilitários consagrados como pdfid e pdf-parser [3], o LOCARD PDF não substitui o paradigma de inspeção atômica, mas o complementa em uma única interface gráfica auditável. Em relação a abordagens baseadas em aprendizado de máquina [7,8], o foco do submódulo permanece na explicabilidade: cada achado é rastreável até o objeto, offset e regra que o produziu, atendendo aos requisitos probatórios de processos judiciais brasileiros. Em relação a suítes comerciais, o caráter aberto e a integração ao framework LOCARD permitem que polícias científicas e laboratórios universitários adaptem e estendam a ferramenta sem barreiras de licenciamento.

A combinação de heurística, regras YARA aplicadas a streams decodificados [11], análise de entropia [6] e validação criptográfica PAdES com visualização gráfica do /ByteRange [4,5] oferece, em conjunto, um espectro de cobertura que individualmente nenhum dos utilitários *open source* mencionados oferece de forma integrada. O modelo de *plugins* mantém a extensibilidade aberta a contribuições futuras, em consonância com o princípio digital de Locard [9] de que toda interação maliciosa com um documento eletrônico deixa traços passíveis de detecção.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o LOCARD PDF, submódulo integrado ao *framework* forense audiovisual LOCARD, dedicado à análise forense aprofundada de documentos no padrão PDF. A ferramenta combina, em ambiente único e auditável, mais de cinquenta funcionalidades distribuídas entre navegação estrutural, análise de baixo nível, heurística, *threat hunting* com YARA, extração automatizada de IOCs, validação criptográfica PKCS#7/PAdES, esteganografia visual, comparação binária e geração de relatórios. A arquitetura modular em C++, baseada em QPDF, Poppler, YARA, OpenSSL e Dear ImGui, e sustentada por uma abstração IDataSource que suporta disco, memória e rede, oferece à perícia uma bancada uniforme para triagem, análise, avaliação e documentação, conforme o fluxo proposto em [1]. Como trabalhos futuros, vislumbra-se a integração de modelos locais de aprendizado de máquina para classificação autônoma de PDFs maliciosos, a automação de consultas ativas a serviços de revogação (OCSP/CRL) durante a verificação LTV e o desenvolvimento de detectores especializados em manipulações em assinaturas manuscritas escaneadas presentes em laudos eletrônicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Sindicato dos Peritos Oficiais de Natureza Criminal do Estado do Ceará pelo apoio que tornou possível a participação neste congresso e consequente publicação deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] D.O. Cunha; E.A. Silva; J.A. Lambert; R.O. Ribeiro. Peritus Framework: towards multimedia evidence analysis uniformization in brazilian distributed forensic model. Forensic Sci. Int.: Digit. Investig. 35: 301089 (2020).

[2] R. Stevens. Malicious PDF documents explained. IEEE Secur. Priv. 9: 80-82 (2011).

[3] D. Stevens. PDF Tools: pdfid and pdf-parser. Didier Stevens Labs (2019). Acessado em 24/05/2026, em https://blog.didierstevens.com/programs/pdf-tools.

[4] C. Mainka; V. Mladenov; S. Rohlmann. Shadow Attacks: hiding and replacing content in signed PDFs. Proc. Network and Distributed System Security Symposium (NDSS). 1-18 (2021).

[5] V. Mladenov; C. Mainka; K. Meyer zu Selhausen; M. Grothe; J. Schwenk. 1 Trillion dollar refund: how to spoof PDF signatures. Proc. ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security (CCS). 1-14 (2019).

[6] R. Lyda; J. Hamrock. Using entropy analysis to find encrypted and packed malware. IEEE Secur. Priv. 5: 40-45 (2007).

[7] P. Laskov; N. Šrndić. Static detection of malicious JavaScript-bearing PDF documents. Anais do 27th Annual Computer Security Applications Conference (ACSAC). 373-382 (2011).

[8] D. Maiorca; B. Biggio; G. Giacinto. Towards adversarial malware detection: lessons learned from PDF-based attacks. ACM Comput. Surv. 52: 1-36 (2019).

[9] E. Casey. Digital Evidence and Computer Crime: Forensic Science, Computers and the Internet, Academic Press, Estados Unidos (2011) 1-840.

[10] ISO. ISO 32000-2: Document management — Portable document format — Part 2: PDF 2.0, International Organization for Standardization, Suíça (2020).

[11] V.M. Álvarez. YARA: the pattern matching swiss knife for malware researchers. VirusTotal Project (2024). Acessado em 24/05/2026, em https://virustotal.github.io/yara.

[12] J. Berkenbilt. QPDF: a content-preserving PDF document transformer. Open Source Project (2024). Acessado em 24/05/2026, em https://qpdf.sourceforge.io.

[13] M. Pelosi; C. Easttom. Identification of LSB image steganography using cover image comparisons. J. Digit. Forensics, Secur. Law 15: 1-19 (2020)

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

A Perícia de Local na Identificação de Tomada de Território por Facção em Ocorrências de Morte Violenta: Estudo de Caso

S. M. de Souza[a,*], B. M. Santiago[b], E. P. Soriano[c], M. V. D. Carvalho[d]

[a]*Instituto de Polícia Científica da Paraíba (PB), Brasil; Programa de Pós-graduação em Perícias Forenses,Universidade de Pernambuco (UPE)*
[b]*Professora Associada – UFPB; Instituto de Polícia Científica da Paraíba (PB), Brasil*
[c]*Programa de Pós-graduação em Perícias Forenses,Universidade de Pernambuco (UPE); Instituto de Polícia Científica da Paraíba (PB), Brasil*
[d]*Programa de Pós-graduação em Perícias Forenses,Universidade de Pernambuco (UPE)*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: susyara.medeiross@upe.br. Tel.: +55-83-99102-0495*

Palavras-chave: Criminalística; Levantamento de Local; Balística Forense; Perinecroscopia; Dinâmica do Crime.

O processamento pericial de locais de morte violenta exige do perito oficial uma abordagem integrada que supere a mera análise isolada do cadáver. O presente estudo aborda um caso complexo em que a equipe pericial foi acionada para atender a uma suspeita inicial de homicídio planejado (execução estática) em via pública. Contudo, o levantamento técnico-pericial em um perímetro de 125 metros revelou uma realidade fática distinta: uma incursão tática de facção criminosa para tomada de território, na qual a morte da vítima ocorreu como subproduto da ação violenta macro. O principal desafio técnico consistiu em reconstruir a dinâmica espacial e cronológica dos fatos diante de uma cena com alta saturação de vestígios e múltiplas fontes de tiros, demandando uma diagnose diferencial robusta fundamentada na doutrina clássica de criminalística e balística forense (Netto & Espíndula 2016; Silvino Junior 2018; Tocchetto & Espindula 2019).

A metodologia aplicada estruturou-se no levantamento topográfico e na triagem sistemática de vestígios sob iluminação artificial, resultando na localização e catalogação de 291 elementos balísticos de múltiplos calibres (9mm, .40, .38, .32 e 12 GA), distribuídos geograficamente em três setores distintos. No primeiro setor (Interior da Edificação de Origem nº 192), foram arrecadadas 105 unidades, identificando-se pichações recentes da facção "Comando Vermelho" e uma abertura intencional no muro para disparos protegidos voltados à via pública. No segundo setor (via pública e Residência Mediatriz nº 167), coletaram-se 146 elementos, constatando-se que os disparos em progressão atingiram a rede de iluminação e três patrimônios privados (um veículo e duas motocicletas). No terceiro setor (entorno e sob o cadáver), foram recolhidas 37 unidades, incluindo projéteis deformados localizados sob o corpo após o seu recolhimento.

O exame perinecroscópico evidenciou politraumatismo com ao menos 46 ferimentos de entrada, concentrados no flanco esquerdo e na face posterior do corpo, além de lesões de defesa com zona de esfumaçamento no antebraço esquerdo, indicando disparos a curta distância. A análise morfológica de manchas de sangue revelou gotejamento dinâmico iniciado na calçada do imóvel nº 167, cujos espinhos direcionais retilíneos e progressivos estendiam-se até o ponto de repouso final. A integração desses dados permitiu determinar que a vítima sobreviveu aos impactos iniciais e tentou evadir-se em fuga enquanto continuava sendo alvejada.

A convergência analítica dos vestígios materiais permitiu afastar categoricamente a hipótese de execução planejada e estática. A presença do ponto de partida fortificado, o volume massivo e a diversidade de calibres caracterizaram materialmente uma incursão de caráter tático-militar por um grupo criminoso organizado para domínio territorial. A preservação e o

mapeamento dos danos colaterais a veículos e estruturas funcionaram como balizas geográficas rígidas para o cálculo das zonas de tiro e progressão dos agressores. Este estudo demonstra que o processamento minucioso de locais com alta densidade de vestígios e a integração entre balística e perinecroscopia são indispensáveis para a correta reclassificação da dinâmica delitiva e a elucidação de crimes complexos em ambientes urbanos.

REFERÊNCIAS:

Netto, A.S.S. & Espíndula, A. 2016. *Manual de atendimento a locais de morte violenta: investigação pericial e policial*. Campinas: Millennium Editora.

Silvino Junior, J.B. 2018. *Balística aplicada aos locais de crime*. 2. ed. Campinas: Millennium Editora.

Tocchetto, D. & Espindula, A. (Coord). 2019. *Criminalística: procedimentos e metodologia. Tratado de Perícias Criminalísticas*. 4. ed. Campinas: Millennium Editora.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Do local de crime ao exame de manuscritos: a extensão do processamento pericial ao ambiente relacionado na identificação de padrões de reatividade violenta aguda do agressor e novos crimes

S. M. de Souza[a,*], B. M. Santiago[b], E. P. Soriano[c], M. V. D. Carvalho[d]

[a]*Instituto de Polícia Científica da Paraíba (PB), Brasil; Programa de Pós-graduação em Perícias Forenses, Universidade de Pernambuco (UPE)*

[b]*Professora Associada – UFPB; Instituto de Polícia Científica da Paraíba (PB), Brasil*

[c]*Programa de Pós-graduação em Perícias Forenses, Universidade de Pernambuco (UPE); Instituto de Polícia Científica da Paraíba (PB),Brasil*

[d]*Programa de Pós-graduação em Perícias Forenses, Universidade de Pernambuco (UPE)*

[*]*Endereço de e-mail para correspondência: susyara.medeiross@upe.br. Tel.: +55-83-99102-0495*

Palavras-chave: Criminalística; Morte Violenta; Arma Branca; Análise Documental; Evidência Comportamental.

O processamento pericial moderno de locais de morte violenta transcende a materialidade imediata do corpo e dos instrumentos do crime, demandando a extensão dos exames a ambientes relacionados para a captação de vestígios materiais e comportamentais. Este estudo de caso aborda a perícia de um homicídio por arma branca contra um porteiro residencial em João Pessoa, Paraíba, cujo suspeito foi preso em flagrante e a cena imediata foi alterada, inclusive com a apreensão antecipada da lâmina pela força policial. A perícia seguiu uma abordagem integrada entre perinecroscopia, análise de manchas de sangue e análise documental em manuscritos coletados pela perícia no domicílio do suspeito, que morava no condomínio. O objetivo foi estabelecer o nexo causal do homicídio e desvelar o perfil dinâmico do agressor, fundamentando-se na literatura clássica de locais de crime e medicina legal (França 2015; Netto & Espíndula 2016; Velho et al. 2017). Porém, o exame do local relacionado ajudou a elucidar a autoria de outro caso, ocorrido dois meses antes, além de revelar as motivações dos crimes.

O exame perinecroscópico da vítima (porteiro) revelou extrema violência, totalizando severas lesões cortantes e perfurocortantes na região cervical, face e dorso, além de lesões de defesa no antebraço. A análise das manchas de sangue no pátio evidenciou padrões de gotejamento dinâmico, empoçamento, espargimento e *cast-off* em superfícies verticais, comprovando golpes repetitivos contra a vítima. No local relacionado (apartamento do agressor), exames detectaram micro-manchas hemáticas por projeção e contato na cozinha, sala e área de serviço, mapeando o trânsito do agente após o fato. No banheiro, localizou-se um cabo de polímero quebrado, mecanicamente compatível com a fratura da lâmina utilizada no delito.

No apartamento foram encontrados e coletados para análise, cadernos que o investigado escrevia como diários. Prescindindo de exames grafoscópicos por focar estritamente na relação criminalística e cronológica, a perícia documental realizou exame analítico de conteúdo nos quatro cadernos. Os escritos revelaram padrão de anotações sob a designação de "checagem de rotina", onde o investigado registrava horários e elenca episódios de "guerra espiritual" e "dias de homicídio". Embora as análises iniciais buscassem a elucidação da motivação do crime do porteiro e a avaliação de potenciais delitos de cunho sexual — devido a relatos escritos de desejos direcionados a pessoas do condomínio —, o principal achado constituiu um nexo com outro caso. Constatou-se um registro datado do dia 29/07/2023 no qual o indivíduo

anotou: "Dia de homicídio. Presenciei um assassinato entre 05:00 e 05:30", complementado pelo relato de ter sofrido abordagem policial ("enquadro") com a retenção de facas às 05h38 daquela mesma data. Esse registro coincide cronológica, geográfica e metodologicamente (*modus operandi* por arma branca, com quebra da lâmina) com outro homicídio, não elucidado até então, na área central da cidade, cuja autoria material do mesmo agressor foi validada por exames de DNA coletados no apartamento. Sem a análise dos cadernos, não haveria a suspeita direta da vinculação de autoria entre os dois homicídios. Esta evidência ainda descortinou padrões escritos de ideação homicida e reatividade violenta, contextualizando os dois crimes sendo deflagrados de forma abrupta e por uma contrariedade banal que as vítimas ofereceram ao agressor, em ambos os casos.

Conclui-se que a integração entre o processamento macroscópico do local e os vestígios comportamentais escritos nos diários ampliou o escopo probatório da criminalística, unindo dois casos, a princípio sem correlação. Os manuscritos atuaram como confissão documental e baliza temporal rígida, vinculando o suspeito a duas ocorrências criminais correlacionadas de idêntica natureza técnica. O estudo reforça que o processamento integral de ambientes relacionados com atenção a detalhes inicialmente não relacionados diretamente ao fato, é indispensável para a decodificação da dinâmica criminal em delitos impulsivos.

REFERÊNCIAS

França, G.V. 2015. *Medicina legal*. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Netto, A.S.S. & Espíndula, A. 2016. *Manual de atendimento a locais de morte violentas: investigação pericial e policial*. Campinas: Millennium Editora.

Velho, J.A., Geiser, G.C. & Espindula, A. (Org.). 2017. *Ciências Forenses: Uma intro-dução às principais áreas da Criminalística moderna*. 3. ed. Campinas: Millennium Editora.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise Pericial de Adulteração de Carga como Modalidade de Fraude Patrimonial: Correlação entre Vestígios Físicos e Evidências Bromatológicas

M. Lima[a,1], R. J. Nascimento[b,2]

[a]*Instituto de Criminalística Afrânio Peixoto, Departamento de Polícia Técnica, Salvador (BA), Brasil*
[b]*Instituto de Criminalística Afrânio Peixoto, Departamento de Polícia Técnica, Salvador (BA), Brasil*
[1]*Endereço de e-mail para correspondência: mariane.lima@dpt.ba.gov.br. Tel.: +55-71-98515-9691.*
[2]*Endereço de e-mail para correspondência: raissa.nascimento@dpt.ba.gov.br. Tel.: +55-71-99940-6180.*

Palavras-chave: Criminalística; Adulteração de carga; Análise bromatológica.

As fraudes em cargas agrícolas a granel representam relevante problema pericial no contexto dos crimes patrimoniais, especialmente no transporte de soja, em razão do elevado valor econômico da commodity e do grande volume movimentado entre regiões produtoras e portos exportadores. Nesses casos, a adulteração pode não ser perceptível na camada superficial da carga, o que reduz a eficácia de inspeções visuais simples e impõe à perícia criminal o desafio de identificar, com base técnico-científica, vestígios materiais capazes de demonstrar a ocorrência da fraude. O presente trabalho apresenta um estudo de caso voltado à identificação de adulteração em carga de soja transportada por via rodoviária, motivado pela necessidade de sistematizar procedimentos periciais aplicáveis a situações em que a disposição interna do material pode ocultar porções heterogêneas e comprometer a confiabilidade de avaliações superficiais.

A abordagem adotada partiu da premissa de que a integração entre exame de local, amostragem vertical em múltiplos pontos, registro fotográfico, análise bromatológica e cubagem volumétrica permite revelar descontinuidades internas da carga e produzir elementos objetivos para a caracterização da adulteração. Sua importância para as ciências forenses reside na possibilidade de oferecer metodologia tecnicamente reprodutível para exames em cargas a granel, com preservação da rastreabilidade das amostras e geração de resultados aptos a subsidiar a persecução penal. No caso estudado, foram coletadas cinco amostras no primeiro vagão e seis no segundo, mediante lança coletora por sucção introduzida verticalmente até o limite inferior do compartimento. Durante as sondagens, observou-se limitação parcial da penetração do instrumento em pontos específicos, seguida de penetração integral em outros, o que sugeriu, ainda em campo, a existência de camadas com diferentes características estruturais.

A proposta está ancorada em referenciais normativos e técnicos já consolidados para amostragem e análise de grãos, especialmente os parâmetros oficiais de classificação da soja e as regras de análise de sementes, além de orientações técnicas sobre heterogeneidade e amostragem em cargas agrícolas. Esses referenciais embasam a etapa analítica do exame, mas o trabalho também enfrenta uma lacuna prática apontada no próprio estudo de base: a escassez de relatos sistematizados, na literatura pericial acessível, sobre a aplicação integrada da amostragem vertical com análise bromatológica em investigações criminais envolvendo cargas a granel.

Os principais resultados evidenciaram heterogeneidade composicional relevante, com concentração de impurezas em camadas inferiores e sob mantas sintéticas dispostas horizontalmente no interior da carga. A análise bromatológica indicou percentual médio de impurezas de aproximadamente 32,47%, com valores que chegaram a cerca de 89% em de-

terminadas amostras. Além disso, a estimativa de impurezas obtida em laboratório, correspondente a aproximadamente 16,55 toneladas, mostrou-se compatível com a estimativa derivada da cubagem, de cerca de 17,58 toneladas, reforçando a consistência dos achados. A convergência entre comportamento mecânico da lança, achados do transbordo e resultados laboratoriais permitiu inferir a existência de estratificação artificial do material e de barreira física segregando porções de qualidades distintas.

Conclui-se que a associação entre amostragem vertical, análise bromatológica e cubagem constitui metodologia útil e robusta para a detecção de adulterações em cargas de soja a granel, especialmente quando a inspeção superficial se mostra insuficiente. O estudo contribui para a sistematização de procedimentos periciais aplicáveis a fraudes patrimoniais em contexto logístico e para o fortalecimento da base técnica de exames dessa natureza.

REFERÊNCIAS

Brasil. Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940. *Código Penal*. Rio de Janeiro, RJ: Presidência da República, 1940. Retirado em 20/04/2026, de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del-2848compilado.htm.

Brasil. Decreto-Lei nº 3.689, de 3 de outubro de 1941. *Código de Processo Penal*. Rio de Janeiro, RJ: Presidência da República, 1941. Retirado em 20/04/2026, de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del3689.htm.

Brasil. Companhia Nacional de Abastecimento. *Boletim técnico:* série armazenagem. Brasília: Conab, 2015. v. 1, n. 1. Trimestral. ISSN 2359-5612. Retirado em 20/04/2026, de http://www.conab.gov.br.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. *Instrução Normativa nº 11*, de 15 de maio de 2007. Estabelece o Regulamento Técnico da Soja. Retirado em 21/04/2026, de https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&-chave=1194426968.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. *Regras para análise de sementes*. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p. ISBN 978-85-99851-70-8. Retirado em 21/04/2026, de https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Suicídio ou homicídio? Análise de casos reportados como suicídio por enforcamento com reclassificação da maneira da morte pela Perícia Criminal

M. P. Macedo[a,*]

[a]*Instituto de Criminalística, Polícia Civil do Distrito Federal, Brasília (DF), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: marcos.patricio@gmail.com. Tel.: +55-61-99228-8088.*

Palavras-chave: enforcamento; homicídio encenado; staging; maneira da morte; perícia de local

O enforcamento é o método de suicídio mais frequente em diversas regiões do mundo, o que gera um viés cognitivo relevante: cenas com vítima suspensa tendem a ser classificadas prematuramente como suicídio. O diagnóstico diferencial entre suicídio e homicídio nesses casos permanece um dos desafios mais complexos para peritos oficiais, com implicações críticas nas esferas criminalística, legal e de saúde pública.

A encenação — ou staging — consiste na manipulação deliberada da cena de crime para disfarçar homicídios como suicídios, sendo particularmente prevalente em contextos de violência doméstica e feminicídio por parceiros íntimos. O enforcamento simulado é atrativo para os perpetradores pela escassez de vestígios forenses evidentes e pela aparente simplicidade da lesão. A incorreta determinação da maneira da morte impede a realização da justiça, garante a impunidade do autor e distorce estatísticas de mortalidade, comprometendo políticas públicas de prevenção e proteção de populações vulneráveis.

A sobreposição de achados necroscópicos entre enforcamentos suicidas e estrangulamentos homicidas dificulta o diagnóstico diferencial. Neste sentido, homicídios e suicídios podem ser indistinguíveis ao exame isolado da vítima. Por esse motivo, a integração dos achados necroscópicos e toxicológicos com a documentação minuciosa do local do crime é condição indispensável para uma conclusão pericial tecnicamente fundamentada.

Este trabalho analisou mortes reportadas como suicídio por enforcamento, suspeitas de encenação, reclassificadas para homicídio ou morte indeterminada pelos peritos criminais que examinaram a cena e após o resultado do laudo de necropsia. Os casos foram selecionados entre exames da Seção de Crimes Contra a Pessoa do Instituto de Criminalística do Distrito Federal (SCPe/IC/DPT/PCDF) reportados como suicídio ou suicídio simulado e reclassificados, entre 2022 e 2025. Foram analisadas características da cena, perfil da vítima e achados necroscópicos e toxicológicos e as inconsistências que motivaram a revisão foram classificadas em três grupos: indicadores de cena, da vítima e médico-legais.

As informações foram extraídas dos laudos de exame de local e de necropsia e subsidiários. Os documentos foram analisados em ambiente de inteligência artificial com processamento de linguagem natural, para apoio à recuperação, organização e análise de grandes volumes documentais desenvolvida pelo Instituto de Criminalística (IC/PCDF).

Foram constatados 568 exames de local de suicídio com uso de instrumento constritor entre 2022 e 2025. A partir desses, foram identificados cinco laudos com solicitação inicial de suicídio ou suicídio simulado por enforcamento (0,9%).

Em dois casos, o exame de cena afastou por si só o suicídio clássico; em outros dois, não o afastou, mas sugeriu hipóteses diversas; em apenas um caso o exame de cena não trouxe elementos contrários à hipótese de suicídio.

Quanto aos exames necroscópicos e perinecroscópicos, apenas em um caso o exame do corpo afastou o suicídio, sendo o exame de local decisivo para determinação da autoria. Nos demais quatro casos, o exame do corpo sugeriu atenção a hipóteses diversas do suicídio.

O perfil da vítima se revelou de difícil acesso ao perito de cena e pouco confiável no exame de corpo de delito. Houve variação entre alta e baixa vulnerabilidade, com dois casos sem elementos. Contudo, tem relevância em etapas posteriores da investigação.

Os resultados sugerem que a presunção de suicídio constitui viés de confirmação capaz de comprometer a investigação em seu nascedouro. Assim, a perícia de local de suicídio deve sempre ser integrada à necropsia e à toxicologia para o diagnóstico diferencial. Nossos dados podem subestimar o impacto de situações de encenação, seja pela não detecção de encenação, falha no registro administrativo dessa situação ou por falhas na busca executada no presente trabalho. Estudos futuros devem focar nos achados mais comuns em casos de encenação para identificar marcadores confiáveis dessa prática.

REFERÊNCIAS

Ferguson C, Brooks N. A scoping review of strangulation and hanging: determining suicide from concealed homicide in equivocal death cases. Psychiatry, Psychology and Law, 2025.

Jahan Z et al. Forensic Evaluation of Hanging-Related Deaths from Crime Scene to Autopsy. Int J Forensic Expert Alliance, 2024; 1(2): 63–67.

Pollak S et al. Death by hanging: possibilities and limits of medico-legal evidence. Int J Legal Med, 2026; 140: 1367–1388.

Datta M et al. Distinguishing Suicidal Hanging from Homicidal Ligature Strangulation – A Diagnostic Accuracy Study of Autopsy and Scene Findings. The Insight, 2025; 8(2): 432–438.

Nagwanshi BK et al. Distinguishing homicide from suicide: A forensic investigation into a staged crime scene. Int J Applied Research, 2024; 10(10): 199–202.

Rogalska M et al. The Perfect Murder: How a Suicide Became a Homicide. Academic Forensic Pathology, 2015.

Safitry O et al. Homicide by hanging: A comprehensive review of published literature. Indonesian Journal of Legal and Forensic Sciences. 2023.

Kuruc R et al. Autopsy Findings in Hanging: A 10-Year Prospective Study of 660 Cases. Forensic Sci, 2026.

Singh A. Death due to Asphyxia: A Forensic Prognosis. Indian Journal of Forensic Medicine and Pathology. 2021.

Irmici M et al. Homicide or suicide? A probabilistic approach for the evaluation of the manner of death in sharp force fatalities. J Forensic Sci, 2024; 69: 205–212.

Ferguson C. Getting Away With Murder: an examination of detected homicides staged as suicide. Homicide Studies. 2014.

Carneiro L et al. CHARLIE: An On-Premise Multi-Agent Retrieval-Augmented Generation System for Evidential Reasoning in Forensic Science. 21st International Conference on Artificial Intelligence and Law (ICAIL 2026), Singapore. 2026.

H. L. Riella, L. A. Corrêa, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Desafios periciais na investigação de morte por asfixia por gás hélio: relato de caso

H. L. Riella[a,*], L. A. Corrêa[b]

[a]*Departamento de Criminalística, Superintendência Regional de Polícia Científica, Joinville (SC), Brasil*
[b]*Departamento de Medicina-Legal, Núcleo Regional de Polícia Científica, Laguna (SC), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: humberto.riella@policiacientifica.sc.gov.br. Tel.: +55-48-99927-9198.*

Palavras-chave: autoeliminação; asfixia; gás hélio; local de morte; relato de caso.

A utilização de gases inertes como método de autoextermínio tem sido descrita com frequência crescente na literatura médico-legal internacional, especialmente em países desenvolvidos. Entre esses gases, o hélio destaca-se por sua ampla disponibilidade comercial, baixo custo e facilidade de obtenção. Embora relativamente incomum quando comparada a outros métodos de suicídio, a asfixia por hélio representa um desafio significativo para as ciências forenses, sobretudo em razão da ausência de sinais anatomopatológicos específicos e das dificuldades técnicas relacionadas à detecção laboratorial do gás em amostras biológicas.

A determinação da causa da morte nesses casos frequentemente depende da integração entre os achados do exame necroscópico, a análise toxicológica e, principalmente, o levantamento pericial realizado no local da ocorrência. A relevância do tema é ampliada pelo fato de que a identificação inadequada dos vestígios pode resultar em erros na classificação da causa da morte, especialmente em situações nas quais os dispositivos utilizados para a asfixia são removidos ou quando o cadáver é encontrado em avançado estado de decomposição.

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta um estudo de caso atendido pela Polícia Científica de Santa Catarina, no qual foi constatada autoeliminação por asfixia decorrente da inalação de gás hélio. O objetivo é discutir os principais desafios periciais relacionados à investigação desse tipo de ocorrência, ressaltando a importância do exame de local como elemento fundamental para a elucidação diagnóstica.

A abordagem adotada fundamenta-se em estudos prévios que descrevem os mecanismos fisiopatológicos da hipóxia induzida por gases inertes, os métodos analíticos empregados para detecção de hélio e os principais achados observados em casos semelhantes. Trabalhos internacionais demonstram que as mortes por inalação de hélio geralmente não apresentam sinais patognomônicos, exigindo coleta adequada de amostras biológicas e metodologias analíticas específicas para sua confirmação. Além disso, diversos autores apontam limitações operacionais associadas à cromatografia gasosa, uma vez que o próprio hélio é frequentemente utilizado como gás de arraste, exigindo adaptações instrumentais para sua identificação em exames toxicológicos.

No caso apresentado, o cadáver foi encontrado em avançado estado de decomposição, dificultando a identificação de sinais compatíveis com asfixia. Entretanto, a documentação minuciosa do local permitiu a identificação de um sistema composto por cilindro de hélio conectado a uma máscara facial posicionada sob uma sacola plástica fixada à cabeça da vítima. Foram ainda observados medicamentos psicotrópicos consumidos e registros de pesquisas realizadas em aparelho celular relacionadas à letalidade da inalação de hélio. O exame toxicológico identificou substâncias compatíveis com tratamento psiquiátrico, porém não foi realizada detecção específica do gás.

Os resultados evidenciam que, diante das limitações dos exames laboratoriais atualmente disponíveis em muitos institutos periciais brasileiros, o levanta-

mento técnico do local assume papel central na reconstrução da dinâmica do evento e na determinação da causa da morte. O estudo também demonstra a importância da preservação adequada do local, da busca por vestígios digitais e da documentação detalhada dos dispositivos empregados, elementos que podem constituir os principais vestígios disponíveis para sustentar a conclusão pericial.

A relevância desta apresentação decorre da ausência de publicações nacionais sobre o tema, contribuindo para a ampliação do conhecimento de peritos criminais e médicos-legistas, a fim de fomentar a discussão acerca dessa temática e reduzir interpretações equivocadas em mortes cujas características podem simular causas naturais.

Conclui-se que os casos de autoeliminação por inalação de hélio representam importante desafio para a perícia criminal e médico-legal. A experiência relatada reforça a necessidade de protocolos específicos para atendimento desses locais, bem como do desenvolvimento de metodologias toxicológicas mais acessíveis e padronizadas para detecção de gases inertes. A combinação entre exame de local, necroscópico, análise contextual e investigação toxicológica permanece essencial para a correta determinação da causa da morte.

REFERÊNCIAS

Ogden, R.D.; Wooten, R.H. 2002. Asphyxial Suicide with Helium and a Plastic Bag. *American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 23(3): 234–237.

Ogden, R.D. 2010. Observation of Two Suicides by Helium Inhalation in a Prefilled Environment. *American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 31(2): 151–161.

Byard, R.W. 2017. Further Observations on Plastic Bag Asphyxia Using Helium Gas. *Australian Journal of Forensic Sciences* 49(4): 483–486.

Wiergowski, M.; Kaliszan, M.; Sumińska-Ziemann, B.; Gos, T.; Jankowski, Z. 2014. Helium Detection in the Lungs in Case of Suicide by Helium Inhalation—Case Report and Literature Review. *Romanian Journal of Legal Medicine* 22(2): 153–156.

Varlet, V.; Iwersen-Bergmann, S.; Alexandre, M.; Cordes, O.; Wunder, C.; Holz, F.; Andersen-Streichert, H.; Bevalot, F.; Dumestre-Toulet, V.; Malbranque, S.; Grabherr, S. 2019. Helium Poisoning: New Procedure for Sampling and Analysis. *International Journal of Legal Medicine* 133(4): 1067–1073.

Nowak, K.; Szpot, P.; Zawadzi, M. 2019. Suicidal Deaths Due to Helium Inhalation. *Forensic Toxicology* 37(2): 273–287.

Carfora, A.; Petrella, R.; Ambrosio, G.; Mascolo, P.; Liguori, B.; Juhnke, C.; Campobasso, C.P.; Keller, T. 2022. Helium Suicide, a Rapid and Painless Asphyxia: Toxicological Findings. *Toxics* 10(8): 424–431.

Ramirez, A.S.; Chacón, N.C.; Calderón, A.M. 2020. Suicidio por Confinamiento con Bolsa Plástica y Gas Helio: Presentación de Dos Casos. *Revista Medicina Legal de Costa Rica* 36(1): 27–32.

M. C. V. Rocha, E. L. Chrominski, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Do protocolo ao local de crime: análise pericial do overkill em feminicídios

M. C. V. Rocha[a,c*], E. L. Chrominski[b]

[a]*Polícia Científica do Paraná , Unidade de Execução Técnico-Científica de Ponta Grossa, Paraná (PR), Brasil*
[b]*Polícia Científica do Paraná, Unidade de Execução Técnico-Científica de Apucarana (PR), Brasil*
[c]*Universidade Federal do Paraná – Departamento de Hidráulica e Saneamento, Paraná (PR), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: maria.darocha@policiacientifica.pr.gov.br. Tel.: +55-41-99784-7408.*

Palavras-chave: Violência de gênero; indicadores de violência extrema; protocolos investigativos; dinâmica criminal

O feminicídio constitui a manifestação mais extrema da violência baseada em gênero e pode ocorrer em diferentes contextos sociais e relacionais, não se restringindo às relações afetivas ou convivenciais. Os protocolos contemporâneos de investigação destacam que essas mortes devem ser analisadas para além da determinação da causa médica da morte, incorporando a avaliação dos vestígios materiais, da dinâmica da agressão e dos contextos de violência de gênero. Nesse cenário, destaca-se o conceito de overkill, geralmente descrito como a inflição de violência muito além daquela necessária para produzir a morte da vítima. Embora frequentemente associado à multiplicidade de lesões, mutilações, desfigurações e agressões reiteradas, o conceito permanece objeto de debate e apresenta aplicação heterogênea na prática pericial.

O presente trabalho teve como objetivo examinar como os indicadores de overkill descritos na literatura se manifestam nos vestígios observados em casos reais de feminicídio, discutindo suas potencialidades e limitações para a interpretação criminalística da violência baseada em gênero. Foram analisados quatro casos de feminicídio examinados pela Polícia Científica do Paraná, selecionados por apresentarem diferentes manifestações de violência letal contra mulheres. O estudo foi conduzido por meio da análise documental dos laudos periciais de local de morte, registros fotográficos e informações perinecroscópicas, confrontando os achados com a literatura.

Os casos analisados evidenciaram diferentes manifestações da violência baseada em gênero. Um dos casos apresentou forte convergência com os indicadores clássicos de overkill, incluindo múltiplas lesões, extensas lesões defensivas, mutilações e desfiguração corporal. Em contraste, dois casos não apresentaram multiplicidade de lesões ou agressões físicas reiteradas, embora os vestígios permitissem identificar elementos relacionados à violência de gênero, como tentativa de ruptura da convivência, controle físico e subjugação da vítima. Um quarto caso apresentou características intermediárias, marcadas por persistência da agressão, deslocamento da vítima entre ambientes, tentativa de fuga, ocultação do cadáver e agressões dirigidas a regiões corporalmente associadas à feminilidade, demonstrando que determinadas manifestações de violência extrema podem não ser plenamente compreendidas por abordagens fundamentadas exclusivamente na quantidade de lesões observadas.

Os resultados demonstram que os indicadores tradicionalmente associados ao overkill manifestam-se de forma heterogênea nos feminicídios examinados e que feminicídio e overkill constituem fenômenos relacionados, porém não equivalentes. A análise comparativa evidenciou que a violência extrema nem sempre se expressa por meio da destruição corporal exuberante, podendo manifestar-se também por dinâmicas de controle, subjugação, persistência da agressão e degradação da vítima. Nesse contexto, o estudo reforça a importância da atuação pericial para além da determinação da causa da morte, destacando o potencial dos vestígios corporais e ambientais para reconstrução da dinâmica criminal e interpretação da violência

baseada em gênero. A abordagem proposta demonstra que a discussão sobre overkill pode representar uma ferramenta útil para compreensão de determinadas manifestações de violência extrema contra mulheres, desde que empregada de forma crítica, contextualizada e integrada à análise dos vestígios e circunstâncias investigativas de cada caso.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Justiça. *Diretrizes nacionais feminicídio: investigar, processar e julgar com perspectiva de gênero as mortes violentas de mulheres*. Brasília: Ministério da Justiça, 2016.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Ministério das Mulheres. *Protocolo nacional de investigação e perícia nos crimes de feminicídio*. Brasília: MJSP/MMulheres, 2025.

ONU MULHERES. *Modelo de protocolo latino-americano de investigação das mortes violentas de mulheres por razões de gênero* (femicídio/feminicídio). Brasília: ONU Mulheres, 2014.

F. Chatzinikolaou; E. Vavoulidis; T. Tsiapla; C. Margioula-Siarkou; K. Dinas; S. Petousis. Overkill in forensic medicine: A systematic review. *Acta Psychologica*, v. 259, 2025, art. 105388. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105388.

P. Kopacz; E. Juzwik-Kopacz; F. Bolechala; M. Strona; T. Konopka. Overkilling: A specific type of homicide – Constructing the definition: Injuries and victim. *Legal Medicine*, v. 59, 2022, art. 102147. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2022.102147.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Como Policiar a Misoginia? Fatores da Masculinidade em Casos de Massacres Escolares

S. Falsetti-Xavier[a,*], W. A. Oliveira[b]

[a]*Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas (SP), Brasil*
[b]*Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas (SP), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: sofiafalsettix@gmail.com; Tel.: +55 (19) 9 9625-8517*

Palavras-chave: Massacre-escolar, Masculinidade, Psicologia, Psicologia-forense.

Ataques escolares constituem uma forma de violência extrema que tem mobilizado pesquisadores desde o final do século XX, especialmente após eventos de grande repercussão midiática, como o massacre de Columbine. Esses episódios caracterizam-se como assassinatos em massa cometidos majoritariamente por estudantes ou ex-estudantes do sexo masculino, frequentemente associados a motivações de vingança, busca por notoriedade e exposição midiática (Holmes & Holmes, 1992; Federal Bureau of Investigation [FBI], 2025). No campo da Psicologia Forense e da Segurança Pública, tais eventos demandam análises que transcendam explicações simplistas e subsidiem práticas de avaliação de risco e prevenção.

Estudos indicam que os ataques escolares são fenômenos multifatoriais. Embora o bullying apareça recorrentemente nos relatos dos perpetradores, essas vivências se articulam a elementos mais amplos, como dinâmicas de poder, discursos violentos, cultura armamentista e engajamento em ambientes on-line extremistas (Dowdell et al., 2022). No Brasil, observa-se padrão semelhante ao internacional, com autores predominantemente homens jovens, alvos frequentemente femininos e presença recorrente de discursos misóginos e violentos (França et al., 2024). A misoginia, nesse contexto, refere-se a atitudes e práticas de hostilidade e desvalorização direcionadas às mulheres, frequentemente associadas à manutenção de hierarquias de gênero.

Nesse cenário, a masculinidade emerge como eixo analítico central. A masculinidade hegemônica, caracterizada por valores como dominação, negação da vulnerabilidade emocional e valorização da violência, tem sido associada à legitimação de comportamentos agressivos como forma de afirmação identitária (Connor et al., 2021). Evidências indicam que normas rígidas de gênero, como a restrição emocional, estão relacionadas a maior sofrimento psíquico e menor percepção de suporte social na adolescência (Exner-Cortens et al., 2021). No contexto brasileiro, a socialização masculina pode associar violência à expressão de virilidade e à resposta a experiências de humilhação e perda de status (Brasileiro et al., 2024).

Além disso, ambientes on-line desempenham papel relevante ao funcionarem como espaços de validação e difusão de discursos misóginos e masculinistas, contribuindo para processos de radicalização e normalização da violência (Morgan et al., 2022).

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo analisar, por meio de uma revisão integrativa da literatura (Souza et al., 2010), as relações entre masculinidade, misoginia e ataques escolares. A análise evidenciou que esses eventos resultam da interação entre fatores individuais, sociais e culturais. Observou-se predominância de perpetradores homens jovens, frequentemente marcados por isolamento social, sentimentos de humilhação e percepção de injustiça (Malkki, 2014; Peterson et al., 2021).

Os resultados indicam que a masculinidade hegemônica atua como importante fator de risco, especialmente em situações de fracasso na performance masculina, como rejeição social e bullying homofó-

bico (Farr, 2017). Embora o sofrimento psíquico esteja presente em parte dos casos, a literatura aponta que a psicopatologia isolada não explica os ataques, destacando a necessidade de análises contextualizadas (Peterson et al., 2021).

Conclui-se que abordagens integradas são fundamentais para a compreensão e prevenção da violência escolar. Para a Psicologia Forense, os achados contribuem para avaliações de risco mais precisas ao incorporar dimensões relacionadas à masculinidade, discursos de ódio e radicalização on-line. Para a Segurança Pública, destacam-se implicações para o policiamento da misoginia e o desenvolvimento de estratégias preventivas em contextos escolares e digitais.

REFERÊNCIAS:

Brasileiro, J.M., Medeiros, L. & Silva, [inicial não informada]. 2024. De Columbine a Suzano: Uma análise sócio-histórica de atentados escolares. *Psicologia USP* 35.

Connor, S., Edvardsson, K., Fisher, C. & Spelten, E. 2021. Perceptions and interpretation of contemporary masculinities in western culture: A systematic review. *American Journal of Men's Health* 15(6).

Dowdell, E.B., Freitas, E., Owens, A. & Greenle, M.M. 2022. School shooters: Patterns of adverse childhood experiences, bullying, and social media. *Journal of Pediatric Health Care* 36(4)

Exner-Cortens, D., Wright, A., Claussen, C. & Truscott, E. 2021. A systematic review of adolescent masculinities and associations with internalizing behavior problems and social support. *American Journal of Community Psychology* 68(1–2): 215–231.

Farr, K. 2017. Adolescent rampage school shootings: Responses to failing masculinity performances by already-troubled boys. *Gender Issues* 35(2): 73–97.

França, L.A., Connell, N.M. & Ribeiro, M.A.S. 2024. Ataques nas escolas no Brasil: Pesquisa descritiva sobre as características dos incidentes ocorridos entre 2001 e 2024. *Boletim IBCCRIM* 32(383): 18–22.

Malkki, L. 2014. Political elements in post-Columbine school shootings in Europe and North America. *Terrorism and Political Violence* 26(1): 185–210.

Morgan, S., Allison, K. & Klein, B.R. 2022. Strained masculinity and mass shootings. *Homicide Studies* 28(4): 108876792211248.

Peterson, J.K., Densley, J.A., Knapp, K., Higgins, S. & Jensen, A. 2021. Psychosis and mass shootings. *Psychology, Public Policy, and Law* 28(2).

Schwartz, H.I. 2023. The mind of the mass school shooter. *Journal of the American Academy of Psychiatry and the Law* 51(3): 314–319.

Souza, M.T., Silva, M.D. & Carvalho, R. 2010. Revisão integrativa: O que é e como fazer. *Einstein (São Paulo)* 8(1): 102–106.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Avaliação de Fragmentos de Cérebro, Fígado e Músculo Esquelético Humano, Obtidos por Procedimento Minimamente Invasivo em Diferentes Intervalos *Post Mortem*

A. L. L. Patti[a*], L. L. R. Lima[b], G. A. P. Gomes[c], L. S. Dutra[c], M. S. Silva[d], J. T. Filho[e], P. H. N. Saldiva[e], A. C. M. Malinverni[b,d], E. S. M. Iwamuraas[a,b,d]

[a]*Programa de Pós-Graduação em Medicina Translacional, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo (SP), Brasil*

[b]*Programa de Pós-Graduação em Patologia, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo (SP), Brasil*

[c]*Graduação, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo (SP), Brasil*

[d]*Departamento de Patologia, Laboratório de Patologia Molecular e Experimental I, Laboratório de Patologia Forense, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo (SP), Brasil*

[e]*Departamento de Patologia, Serviço de Verificação de Óbitos da Capital, Universidade de São Paulo, São Paulo (SP), Brasil*

[*]*Endereço de e-mail para correspondência: patti.luisa@unifesp.br*

Palavras-chave: Intervalo Post Mortem (IPM), Imuno-histoquímica (IHQ), Hematoxilina-Eosina (HE), Procedimento Minimamente Invasivo (PMI)

A estimativa do Intervalo *Post Mortem* (IPM) representa um desafio para as ciências forenses devido à alta variabilidade dos cenários em que os corpos se encontram, os quais são profundamente influenciados por fatores extrínsecos (temperatura, umidade, uso de vestimentas) e características intrínsecas (sexo, massa corporal) ao indivíduo. Tradicionalmente, a estimativa do IPM baseia-se na análise de alterações macroscópicas, que frequentemente carregam considerável grau de subjetividade visual. Além disso, a autópsia convencional muitas vezes esbarra em estigmas sociais, valores socioculturais e crenças religiosas, dificultando sua aceitabilidade por parte dos familiares e evidenciando a necessidade do desenvolvimento de pesquisas aplicadas que busquem alternativas menos invasivas, mas que mantenham a robustez e confiabilidade. A premissa da abordagem do estudo reside na aplicação do Procedimento Minimamente Invasivo (PMI) para a obtenção de biópsias teciduais, por meio do uso da agulha *Tru-Cut* (14G), no período post mortem. Esta técnica reduz drasticamente o impacto emocional e o risco de contaminação dos profissionais ao manter a integridade cadavérica e amplia a atuação da equipe multiprofissional a partir da execução do procedimento. Para as ciências forenses, essa abordagem poderá agregar imenso valor, pois permite estruturar uma avaliação microscópica da degradação celular a partir do material coletado. A seleção estratégica do cérebro, fígado e músculo estriado esquelético (reto femoral) justifica-se pelas distintas taxas de autólise desses tecidos, fornecendo um amplo espectro temporal e criando parâmetros complementares para estimar o IPM.

Estudos anteriores concentraram-se frequentemente na avaliação isolada da degradação proteica muscular (Pittner et al., 2016), padrões de apoptose restritos aos músculos esquelético e cardíaco (Mondello et al., 2021) ou no desenvolvimento teórico da virtópsia na saúde global (Suwalowska et al., 2023; Santino et al., 2024). Havia, contudo, uma lacuna significativa na integração da cinética de degradação autolítica sistêmica abrangendo múltiplos órgãos, aliada à aplicação do PMI em casos forenses e hospitalares no Brasil (Duarte-Neto et al., 2020; Santos, 2022). Desta forma, o presente trabalho busca preencher este vácuo ao adaptar a avaliação do decaimento histológico sequencial utilizando múltiplos tecidos coletados por agulha de biópsia.

O estudo prospectivo apresentou uma coorte (n=2 para tecido encefálico e n=4 para tecidos hepático/muscular), avaliando tecidos submetidos a cinco in-

tervalos temporais (<24h, 24h, 48h, 72h e 120h). Os avanços foram medidos pela associação da coloração padrão-ouro Hematoxilina-Eosina (HE) e análises de Imuno-histoquímica (IHQ) empregando marcadores de preservação antigênica (S100, Desmina, HepPar1, Caspase 3 clivada, GSK-3 beta). Por meio da técnica de HE observaram-se assinaturas temporais distintas: o cérebro apresentou início de degradação em 48h e uma perda mais expressiva da integridade tecidual em 72h; o fígado desestruturou-se de maneira parecida com uma perda inicial de arquitetura em 48h, mas com uma acentuação em 120h; ao passo que o tecido muscular estriado esquelético exibiu estabilidade notável, mantendo características da arquitetura e estriações transversais facilmente visíveis até as 72h. O uso complementar da IHQ para avaliar a intensidade da imunorreatividade para o cérebro sugere um potencial para garantir maior rigor metodológico, podendo auxiliar na substituição do empirismo macroscópico por marcadores celulares e na redução da subjetividade de avaliação. Todavia, a ampliação da casuística e o uso de outros tecidos na técnica faz-se necessários para confirmar tais achados.

O Procedimento Minimamente Invasivo favoreceu o aumento da velocidade e a eficiência das análises *post mortem* devido a rápida coleta e a atuação da equipe multiprofissional. Estudos futuros, com coortes ampliadas e cenários diferentes, permitirão validar se o estabelecimento de marcos cronológicos da desestruturação da arquitetura celular, somado à variabilidade da degradação tecidual permitem uma maior precisão analítica para estimativa do IPM.

Financiamento: (FAPESP 2026/12097-9, 2024/17067-5, 2024/00953-2 2025/27327-1, 2025/27417-6, 2026/04386-0 e CAPES)

REFERÊNCIAS

ANTONUCCI, A. T. *et al*. *Morte, diagnóstico e evento. Revista Bioética*, [s. l.], v. 31, e3356PT, 2023.

BATISTA, K. A. S.; MENDES, P. F. *A virtópsia como complemento da necrópsia tradicional na medicina veterinária forense*. Pubvet, [s. l.], v. 16, n. 7, p. 1-13, jul. 2022.

DACAL, J. S. V. *Necropsia. In*: PEREIRA, Gerson Odilon; CAMPOS JÚNIOR, Marcos Roberto (org.). Medicina legal e perícias médicas. São Paulo: Sarvier, 2020. cap. 52, p. 279-288.

DE HAAN, K. *et al*. *Deep learning-based transformation of H&E stained tissue*

DUARTE-NETO AN, Monteiro RAA, da Silva LFF, Malheiros DMAC, de Oliveira EP, Theodoro-Filho J, Pinho JRR, Gomes-Gouvêa MS, Salles APM, de Oliveira IRS, Mauad T, Saldiva PHN, Dolhnikoff M. *Pulmonary and systemic involvement in COVID-19 patients assessed with ultrasound-guided minimally invasive autopsy. Histopathology*. 2020 Aug;77(2):186-197.

MONDELLO, C. et al. *Caspase 9 and Caspase 3 Immunohistochemical Pattern in Skeletal and Cardiac Muscles at Different Times after Death: An Experimental Study on PMI Estimation. Diagnostics*, [s. l.], v. 11, n. 6, p. 1062, jun. 2021.

PITTNER, S. et al. *Postmortem degradation of skeletal muscle proteins: a novel approach to determine the time since death. International Journal of Legal Medicine*, [s. l.], v. 130, n. 2, p. 421-431, mar. 2016.

SANTINO, S. F. et al. *A scoping review on virtual autopsy: Main concepts, qualified professionals and future prospects.* Pathology - Research and Practice, [s. l.], v. 254, p. 155464, fev. 2024.

SANTOS, Debora de Souza. *Avaliação histomorfológica e imuno-histoquímica em amostras obtidas de autópsia para determinação de intervalo post mortem.* 2022.

SUWALOWSKA, H.; KINGORI, P.; PARKER, M. *Navigating uncertainties of death: Minimally Invasive Autopsy Technology in global health.* Global Public Health, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 2180065, jan. 2023.

ZISSLER, A. et al. *Postmortem Protein Degradation as a Tool to Estimate the PMI: A Systematic Review.* Diagnostics, Basel, v. 10, n. 12, p. 1014, nov. 2020

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Adultização de crianças e adolescentes e o eca digital

M. F. G. de M. S. Alves[a*], V. Aguiar[b], L. F. Costa[a] , M. Bushatsky[a]

[a]*Universidade de Pernambuco – UPE, Recife – PE*
[b]*Delegada de polícia, PcPE, Recife-PE*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: flavia.spinellitelecom@bol.com.br br. Tel.: +55-81998410264*

Palavras-chave: Adultizacao; crianças e adolescentes; justiça.

A adultização é definida neste estudo como a introdução precoce da criança no mundo adulto, embasada nos marcos regulatórios: LGPD, Marco Civil da Internet, Resolução CONANDA nº 245/2024 e a recém-aprovada Lei Felca (Lei nº 15.211/2025). O levantamento histórico aponta que, no passado, não havia distinção entre os papeis sociais de adultos e crianças. Hoje, diante da crescente exposição infantil nas redes sociais que impulsiona a adultização e a sexualização, a legislação brasileira reafirma seu papel protetivo, promovendo o bem estar na era digital. Nas plataformas virtuais, crianças e adolescentes frequentemente simulam comportamentos maduros em busca de aprovação, impulsionados por estratégias de marketing que criam falsas necessidades de consumo. De acordo com Ferreira e Ribeiro (2022, p. 16), a navegação sem supervisão expõe os jovens a conteúdos inapropriados e ao isolamento virtual. Esse cenário acarreta graves impactos ao desenvolvimento global da nova geração, manifestando-se em prejuízos físicos e psicológicos como sedentarismo, obesidade, distúrbios do sono e depressão e em vulnerabilidades digitais, incluindo o cyberbullying e o aliciamento virtual. Segundo Bruns (2016), a adultização reduz os limites entre a infância, a adolescência e o mundo adulto, desestruturando o modo de ser dos mais jovens. Isso ocorre quando discursos, roupas e costumes infantis se confundem com as práticas adultas. Nesse cenário, torna-se urgente debater a exposição precoce na internet. É preciso equilibrar a liberdade de expressão dos pais com o direito dos filhos à privacidade, à identidade e à proteção de dados pessoais. Frente à difusão incessante de notícias em tempo real, a rede digital torna tudo público. Sem eles, a própria infância corre o risco de desaparecer. No mundo contemporâneo, a adultização de meninos e meninas busca moldar uma infância com desejos adultos, camuflada por uma falsa autonomia (Postman, 2012). Esse processo cobra um preço alto, gerando sentimentos de culpa, humilhação, desesperança e incompetência. Diante disso, o Estatuto Digital da Criança e do Adolescente (ECA Digital) protege o público infanto juvenil em ambientes virtuais, aplicando-se a qualquer produto ou serviço de tecnologia por eles acessado. As plataformas devem cumprir obrigações legais rígidas, garantindo a preservação de dados para a atuação da perícia e do sistema de justiça. As empresas precisam adotar medidas que impeçam o acesso de menores a conteúdos nocivos, como exploração sexual, pornografia, violência, automutilação, jogos de azar e práticas publicitárias predatórias. O descumprimento leva a sanções que variam de multas à suspensão das atividades. Para evitar punições, os fornecedores de tecnologia no Brasil devem remover e denunciar às autoridades conteúdos de abuso ou aliciamento, retendo os dados pelo prazo do Marco Civil da Internet (Lei nº 12.965/2014) ou por período superior mediante requerimento judicial. A legislação exige mecanismos confiáveis de verificação de idade, proibindo a auto declaração. Além disso, perfis de menores de 16 anos devem ser vinculados a um responsável, com ferramentas de supervisão parental. Essa proteção é reforçada pela segurança pública, que pode infiltrar agentes para desmantelar redes criminosas virtuais. Ao explorar a vulnerabilidade dos jovens, a mídia arrasta os pais para caminhos perigosos de espetacularização, trabalho infantil e perda de privacidade. Embora as redes ofereçam conexões rápidas, o desenvolvimento saudável acontece fora das telas.

Cumprir a legislação é uma obrigação coletiva urgente para controlar abusos, evitar o adoecimento mental, prevenir conflitos com a justiça. Seguir as regras de proteção é um dever de todos nós para evitar o cansaço mental, garantir a segurança digital e devolver às crianças o direito de aproveitar a infância com leveza.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei no 15.211, de 17 de setembro de 2025. Dispõe sobre a proteção de crianças e adolescentes em ambientes digitais (Estatuto Digital da Criança e do Adolescente*). Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 18 set. 2025.

BRASIL. Lei no 8.069, de 13 de julho de 1990. Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 1990.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Área de Saúde do Adolescente e do Jovem. Marco legal: saúde, um direito de adolescentes / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Área de Saúde do Adolescente e do Jovem. – Brasília : Editora do Ministério da Saúde, 2007.

BRUNS, M. A. T. (2016). A mídia e a adultização/erotização da infância e da adolescência. In A. M. C. Leão, & L. R. Muzzeti (Orgs.), Perspectivas, práticas e reflexões educacionais. (pp. 243- 264). São Paulo: Cultura Acadêmica

FERREIRA, Fernando. *O local em Educação*: animação, gestão e parceria. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2005.

FERREIRA, Hugo. *A literatura na sala de aula: uma alternativa de ensino transdisciplinar*. 2008.(Doutorado em Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

FERREIRA, Hugo Monteiro. LIRA, Cynthia Ferreira. *Adultização Infantil*: Um Fenômeno Social Contemporâneo Investigado Na Educação Infantil. Disponível em: https://iiler.puc- rio.br/leituraemrevista/index.php/LER/article/view/135/29 . Acesso em: 22 mar. 2022.

GAULEJAC, Vincent. *La Névrose de Classe*. Trajectoire Sociale et Conflits d'Identités. Paris: Hommes et Groupes Editeurs, 1987.

GRAY, Paul et. al. *The Research Imagination*: An Introduction to Qualitative and Quantitative Methods. Cambridge: Cambridge University Press, 2012 doi:10.1017/CBO9780511819391

POSTMAN, Neil. *O desaparecimento da infância*. Rio de Janeiro: Graphia, 2012.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise de Viabilidade Técnica Pericial Aplicada a Vestígios Digitais em Exames Forenses de Verificação e de Atribuição de Autoria da Emissão de Voz e de Fala

R. T. A. Braga[a, *], S. B. S. Moraes[b*]

[a]*Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS, Porto Alegre (RS), Brasil*
[b]*Fonoaudiologia Forense RS, FFRS, Porto Alegre (RS), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: contato@rtpericias.com Tel.: +55- 51- 99.494141*

Palavras-chave: Autoria de Voz e de Fala; Vestígio Sonoro; Linguística Forense; Viabilidade Técnica Pericial; Evidência Digital.

A adequada realização de exames periciais destinados à verificação e à atribuição, ou não, da autoria da emissão de voz e de fala pressupõe a existência de vestígios sonoros que apresentem condições mínimas de admissibilidade e adequabilidade para subsidiar procedimentos especializados de análise, de modo que, uma vez submetidos aos exames técnico-científicos pertinentes, possam fornecer elementos probatórios idôneos e aptos a fundamentar sua valoração como evidência no âmbito processual. A avaliação prévia da viabilidade técnico-pericial de vestígios sonoros digitais ainda carece de critérios objetivos e sistematizados. Na ausência de protocolos específicos, a definição acerca da aptidão do material tende a ser transferida ao debate processual e à apreciação judicial, sem critérios técnico-científicos uniformes.

Na prática pericial, é frequente o encaminhamento de arquivos contendo edições, baixa qualidade acústica, compressão excessiva, ruído elevado, reduzida extensão de fala ou escassez de conteúdo linguístico comparável. Essas limitações podem inviabilizar a extração consistente de parâmetros fonético-acústicos e linguísticos, comprometendo a observação de características relevantes para a análise e reduzindo a confiabilidade das conclusões periciais. Em determinados casos, o próprio vestígio deixa de atender aos requisitos mínimos para sustentar inferências técnicas acerca da autoria vocal. Além das limitações inerentes aos vestígios sonoros, a constatação da inadmissibilidade ou da inadequabilidade do material nem sempre encerra a demanda pericial, podendo ensejar questionamentos das partes e do Juízo que demandam fundamentação técnica adicional e prolongam a tramitação processual.

Diante dessa realidade, foi desenvolvido e testado por duas peritas fonoaudiólogas atuantes no Estado do Rio Grande do Sul um Protocolo de Viabilidade Técnica Pericial destinado à avaliação de vestígios sonoros digitais, fundamentado em referenciais metodológicos da Fonética Forense, em recomendações internacionais e nos princípios da auditabilidade, repetibilidade, reprodutibilidade e justificabilidade. O protocolo estrutura a atuação pericial em duas etapas sucessivas. A primeira, denominada Análise de Viabilidade Técnica Pericial, compreende cinco procedimentos: (1)verificação da origem e disponibilidade do arquivo original;(2) análise da integridade e da autenticidade do vestígio;(3) avaliação da qualidade acústica do sinal por meio da etiquetagem acústica proposta pelo Grupo de Estudos em Fonética Forense (GEFF);(4) análise da suficiência amostral e da quantidade de material linguístico disponível descritos por Gfroerer (2003); e (5) classificação final da aptidão pericial do vestígio, culminando na emissão de laudo técnico que o classifica como apto, apto com restrições ou inapto para fins periciais. Constatada a aptidão do material, poderá ser realizada uma segunda etapa, correspondente ao exame pericial destinado à verificação e à atribuição, ou não, da autoria da emissão de voz e de fala. Após sucessivas

aplicações e refinamentos metodológicos, o procedimento passou a integrar rotinas periciais voltadas à triagem técnico-científica de evidências sonoras.

Nesse cenário, a implementação de uma etapa formal de admissibilidade e adequabilidade produz benefício recíproco: de um lado, ao perito, ao formalizar e documentar tecnicamente a atividade de avaliação da aptidão do vestígio, reconhecendo-a como etapa autônoma do procedimento pericial e evitando o dispêndio de tempo na realização de exames completos sobre vestígios tecnicamente inadequados, sem prejuízo da correspondente contraprestação pelo trabalho técnico efetivamente realizado; de outro, às partes, que não assumem custos decorrentes de laudos inconclusivos motivados pela inadequação do material examinado. Tais vestígios, por não sustentarem tecnicamente a identificação ou a exclusão de locutores, apresentam limitações relevantes quanto à robustez das inferências probatórias deles derivadas. Esse procedimento contribui para assegurar maior eficiência aos trabalhos periciais, em consonância com a qualidade técnico-científica e com a lisura dos serviços prestados, favorecendo a celeridade da tramitação processual. Nesse sentido, a incorporação da análise de viabilidade técnica apresenta potencial de aplicação em diferentes instituições periciais e pode servir como referência para futuras iniciativas de padronização metodológica Forense brasileira.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO/IEC 27037:2013 – Diretrizes para identificação, coleta, aquisição e preservação de evidências digitais. Rio de Janeiro, 2013.

BARBOSA, P. A.; CAZUMBA, L. A.; CONSTANTINI, A.; MACHADO, A.; PASSETTI, R. R.; SANCHES, A. Análise fonética-forense: em tarefa de comparação de locutor. São Paulo: Millennium, 2020.

BRAGA, T. A.; MORAES, S. B. S.; SANCHES, A. P. Metodologia de transcrição fonográfica com foco forense para arquivos de áudio e/ou vídeo, a fim de solicitar ata notarial. In: XVI SEMINÁRIO NACIONAL DE DOCUMENTOSCOPIA; VIII SEMINÁRIO NACIONAL DE PERÍCIA CONTÁBIL; II SEMINÁRIO NACIONAL DE MERCEOLOGIA FORENSE; XIII SEMINÁRIO NACIONAL DE FONÉTICA FORENSE; V SEMINÁRIO NACIONAL DE ANÁLISE FORENSE DE IMAGENS; X SEMINÁRIO NACIONAL DE PERÍCIAS EM CRIMES DE INFORMÁTICA, 2023, Maceió. Anais [...]. Maceió: Seminário Nacional de Perícias Criminais, 2023. p. 1-6.

BRASIL. Lei n. 13.105, de 16 de março de 2015. Código de Processo Civil. Brasília, DF: Presidência da República, 2015.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Dispõe sobre a proteção de dados pessoais e altera a Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014 (Marco Civil da Internet). Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 15 ago. 2018.

BRASIL. Lei nº 13.964, de 24 de dezembro de 2019. Aperfeiçoa a legislação penal e processual penal. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 24 dez. 2019.

DIAS, C. R.; D'ÁVILA, A. V. P. Aspectos fundamentais da análise morfológica de manchas de sangue. In: DIAS, C. R.; D'ÁVILA, A. V. P. (org.). Hematologia forense: da identificação à análise de manchas de sangue. Campinas: Millennium, 2022. p. 167-210.

GFROERER, Stefan. Auditory-instrumental forensic speaker recognition. In: EUROPEAN CONFERENCE ON SPEECH COMMUNICATION AND TECHNOLOGY, 8., 2003, Geneva. Proceedings [...] Geneva: ISCA, 2003.

MORRISON, Geoffrey Stewart. Forensic voice comparison and the paradigm shift. Science & Justice, London, v. 49, n. 4, p. 298-308, 2009.

NOLAN, Francis. A speaker identification handbook. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

ROSE, P. Forensic speaker identification. Florida: CRC Press, 2002.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

A busca ativa na política de identificação de pessoas desaparecidas: relato de caso em Antropologia Forense sob a perspectiva dos Direitos Humanos

R. M. Lessa[a*], E. A. Carvalho[b], R. Langwinski[b], J. A. Nogueira[c]

[a]*Polícia Científica do Paraná (PCI-PR), Unidade de Execução Técnico-Científica de Foz do Iguaçu (PR), Brasil.*
[b]*Polícia Científica do Paraná (PCI-PR), Unidade de Execução Técnico-Científica de Foz do Iguaçu (PR), Brasil.*
[c]*Polícia Científica do Paraná (PCI-PR), Unidade de Execução Técnico-Científica de Maringá (PR), Brasil.*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: raul.lessa@policiacientifica.pr.gov.br. Tel.: +5582999773505.*

Palavras-chave: Direitos Humanos; Pessoas Desaparecidas; Antropologia Forense; Busca Ativa.

A temática de identificação de pessoas desaparecidas representa um dos maiores desafios das ciências forenses e direitos humanos, especialmente, diante da existência de ossadas não identificadas, ausência de registros prévios comparativos, limitações estruturais de órgãos periciais, violência urbana e elevada incidência de desaparecidos no Brasil. Nesse contexto, a Antropologia Forense e a Genética assumem um papel relevante não apenas para fins de identificação humana, mas também na promoção de respostas sociais e encerramento de ciclos familiares relacionados ao desaparecimento de pessoas.

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar a importância da busca ativa na identificação de pessoas desaparecidas, enfatizando a atuação proativa da Unidade de de Foz do Iguaçu, da Polícia Científica do Paraná, na integração entre as ciências forenses, delegacia de polícia e direitos humanos.

O caso analisado é de uma ossada humana localizada em maio de 2022, em terreno urbano no município de Foz do Iguaçu, permanecendo sem análise antropológica até o ano de 2025, em razão da ausência de profissional especializado. Durante o exame antropológico, constatou-se tratar-se de indivíduo do sexo masculino, com idade de 25 a 66 anos, estatura de 1,67 a 1,72 metros e afinidade populacional caucasiana. A ossada encontrava-se completamente esqueletizada com ausência de lesões que determinassem a causa da morte.

Durante a análise de vestígios associados aos remanescentes humanos, identificou-se, junto às vestes, um cartão de vale-transporte contendo identificação nominal, elemento que não havia sido notado à data dos fatos. Em consulta ao sistema SESP/Intranet, as características do indivíduo coincidiram com as características do exame antropológico. A partir dessa informação, foi realizada busca ativa em conjunto entre a Polícia Científica e Polícia Civil, identificou-se possível familiar da suposta ossada no município de Quedas do Iguaçu – PR.

Destarte, a equipe pericial deslocou-se ao município supramencionado para coleta de material genético do suposto irmão da vítima. Posteriormente, foi realizado o confronto genético entre o DNA obtido do suposto irmão do familiar e dentes extraídos da ossada, tendo obtido resultado positivo para vínculo biológico.

A literatura forense demonstra que a identificação humana em casos de esqueletização avançada frequentemente demanda de integração multidisciplinar entre antropologia forense, genética e investigação. Estudos demonstram que a ausência de iniciativas de busca ativa pode resultar na manutenção prolongada de restos humanos sem identificação, dificultando não apenas a persecução penal, mas também o direito das famílias à informação e restituição dos remanescentes humanos.

No estudo apresentado, a atuação proativa da Polícia Científica do Paraná, Unidade de Foz do Iguaçu, mostrou-se determinante para resolução do caso, evidenciando que a identificação humana não deve se limitar à análise passiva dos vestígios e de banco de dados ou confronto automatizados, podendo exigir diligências complementares e integração interinstitucional.

Os resultados do caso demonstram que a análise antropológica associada à busca ativa e confronto genético possibilitou a identificação da ossada, permitindo a restituição à família. Deve-se destacar, ainda, o impacto do caráter humanitário do caso, considerando que o familiar localizado possuía conhecimento apenas do desaparecimento da vítima, desconhecendo seu óbito.

Não obstante, o trabalho demonstra que a atuação da Polícia Científica ultrapassa a função tradicional de produção de laudos, assumindo papel relevante na política pública de localização e identificação de pessoas desaparecidas.

Conclui-se, portanto, que a atuação proativa da perícia criminal possui relevância na política de Direitos Humanos, através da identificação de pessoas desaparecidas, especialmente em casos antigos ou que envolvam restos humanos. O trabalho evidencia que a integração entre Polícia Científica e Polícia Civil podem contribuir significativamente para a identificação humana, elucidação de casos em aberto, fortalecimento das políticas de busca ativa e encerramento de ciclos familiares relacionados aos desaparecimentos de pessoas.

REFERÊNCIAS

CONDPCI. *Rede PCI conecta: guia de serviços e manual de implementação.* Conselho Nacional de Dirigentes de Polícia Científica (*org*). Campinas – SP: Millenium Editora, 2025.

MACHADO, C. E. [et al.]. *Tratado de Antropologia Forense: fundamentados em metodologias aplicadas à prática pericial.* Campinas – SP: Millenium Editora, 2022.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Explosão na ENAEX - Um estudo de caso sobre aplicação de protocolo DVI (Disaster Victims Identification) na identificação de vítimas do acidente ocorrido em fábrica de explosivos localizada em Quatro Barras - Paraná

M. N. Souza[a], L. L. Junior[a,*], R. R. Jakubiak[a]

[a]*Polícia Científica do Paraná , Curitiba (PR), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: leonel.junior@policiacientifica.pr.gov.br*

Palavras-chave: DVI, disaster victims identification, desastre em massa, ENAEX, explosão.

Às 05h56min24s de 12 de agosto de 2025, em Quatro Barras - Paraná, ocorreu uma explosão na unidade de produção de *X-Boosters* (reforçadores) na planta da fabricante de explosivos Enaex. A ferramenta utilizada no gerenciamento de desastres no Paraná é o SCI – Sistema de Comando de Incidentes. Nesse sistema, todas as instituições envolvidas e suas respectivas equipes são consideradas recursos à disposição do Comando de Incidente. A Polícia Científica do Paraná (PCI-PR) foi acionada às 8h14min, chegando a primeira equipe à cena às 09h. Informados de que haveria nove funcionários no interior do edifício n° 44 no momento da explosão e de que não havia sobreviventes, constatou-se a necessidade de aumento de recursos e aplicação do protocolo de Identificação de Vítimas de Desastres (DVI, *Disaster Victims Identification*) da Interpol (2023) para um desastre fechado.

Às 11h25min, a Equipe de Local de DVI da PCI-PR chegou ao local para iniciar os trabalhos de busca e recuperação de corpos, iniciando-se a Fase 01 (Coordenação de Cena). Inicialmente, a equipe da PCI coordenou uma varredura preliminar na área mais externa da explosão com o objetivo de instruir todos os recursos no local (policiais científicos, bombeiros do Corpo de Bombeiros Militar e brigadistas civis), sobre a metodologia de busca de corpos. Optou-se pela varredura em linha e os materiais com potencial interesse pericial foram demarcados com plaquetas forenses ou bandeiras numeradas. Após a instrução, as buscas nos setores estabelecidos posteriormente baseados na análise topográfica do local (nove setores no local mediato mais o setor E, a cratera do epicentro da explosão) seguiram o mesmo padrão. Na sequência, uma equipe de Antropologia Forense da PCI fez a triagem dos vestígios demarcados, classificando-os como vestígios biológicos verdadeiros (mantidos demarcados) ou ilusórios (desmarcados). Ainda, uma equipe do Esquadrão Antibombas da PMPR esteve presente para segurança das equipes.

Após o estabelecimento dos setores, iniciou-se, paralelamente à busca, a etapa de recuperação de corpos, que seguiu o protocolo de DVI da Interpol. No primeiro dia, a Equipe de Local de DVI formou uma única equipe composta por Peritos Criminais e Técnicos de Perícia. Nos dias posteriores, o efetivo de servidores da PCI no local aumentou para três equipes subdivididas nas seguintes funções: o líder coordenava a equipe, tomava decisões e transferia a custódia dos vestígios para o Coordenador do Local de DVI; o relator documentava a história dos vestígios; o mão suja coletava e acondicionava os vestígios individualmente em embalagens lacradas e o fotógrafo registrava os vestígios na posição em que foram encontrados e após a coleta. Devido à extensa fragmentação dos corpos e dispersão de vestígios, optou-se por não coletar vestígios não vinculados. Ao término de cada varredura, os vestígios eram encaminhados à UETC Curitiba/Tarumã da PCI para andamento da Fase 02 de DVI (Coordenação *Post Mortem*). O levantamento pericial realizado pelas

equipes da PCI durante a Fase 01 resultou na recuperação de 889 vestígios biológicos, sendo a maioria deles (457) recuperados no Setor E (epicentro da explosão). Os trabalhos da Fase 01 foram encerrados no dia 15/08/2025 por volta das 19h00.

A Seção de Genética Molecular Forense da PCI iniciou os trabalhos imediatamente após a implementação do protocolo DVI, realizando coleta e análise das amostras biológicas de referência dos familiares das vítimas. Para otimizar o processo de identificação, os vestígios biológicos foram triados conforme ordem de recuperação, integridade das amostras e localização na cena, baseada na divisão setorial e no croqui da explosão. Ao todo, 138 vestígios biológicos foram processados e analisados, permitindo a identificação genética de todas as nove vítimas em apenas nove dias, demonstrando a eficiência da atuação integrada entre DVI e Genética Forense.

REFERÊNCIAS

Interpol. 2023. *Interpol DVI Guide version 2023.* Lyon: Interpol. Disponível em: https://www.interpol.int/How-we-work/Forensics/Disaster-Victim-Identification-DVI. Acesso em: 26/05/2026.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Violência contra mulheres em perspectiva global: determinantes estruturais, produção científica e desafios para políticas públicas

V. F. C. Bitencourt[a], E. T. Pereira[b], L. Ferraz[a], J. P. S. Dutra[a], G. P. A. Rocha[a], J. C. M. Narvaez[a], H.F. Moura[c]

[a]*Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Rio Grande do Sul (RS), Brasil*
[b]*Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul (RS), Brasil*
[c]*Universidade de Brasília, Distrito Federal (DF), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: felipe.cb2511@gmail.com . Tel.: +55-51-989326694.*

Palavras-chave: homicídio feminino; violência letal; desigualdade estrutural; painel global; inteligência analítica.

A violência contra mulheres constitui um dos mais relevantes desafios contemporâneos nas esferas da saúde pública, dos direitos humanos e da segurança pública. Embora amplamente reconhecida como fenômeno global, sua distribuição apresenta forte heterogeneidade entre países e regiões, refletindo diferenças históricas, econômicas, culturais e institucionais. Paralelamente, observa-se uma expansão acelerada da produção científica e de métricas sobre violência baseada em gênero, gerando um volume crescente de evidências que nem sempre são analisadas de forma integrada aos contextos geopolíticos onde os fenômenos investigados ocorrem.

Buscando compreender o contexto do fenômeno da violência contra a mulher a partir de seus condicionantes geopolíticos e estruturais, esta apresentação propõe duas frentes de análise complementares. A primeira delas apresenta os resultados de uma revisão sistemática internacional da literatura sobre violência contra mulheres, conduzida segundo as diretrizes PRISMA e apoiada por técnicas de aprendizado de máquina e processamento de linguagem natural para a identificação de agrupamentos de tópicos. O corpus final compreendeu aproximadamente 580 estudos publicados entre 2011 e 2025, provenientes de diferentes regiões do mundo. A partir da modelagem temática e da análise geoespacial da produção científica, foram identificadas as principais agendas de pesquisa globais, padrões de concentração regional do conhecimento e lacunas temáticas persistentes.

Complementarmente, a segunda frente traz resultados derivados da construção de um painel internacional de indicadores estruturais relacionados à violência letal contra mulheres, abrangendo mais de 150 países entre 2010 e 2023. O estudo integrou bases públicas provenientes de organismos internacionais e plataformas multilaterais de dados, incluindo World Bank, Our World in Data, United Nations Development Programme (UNDP), United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC), World Health Organization (WHO), Inter-Parliamentary Union (IPU), International Labour Organization (ILO) e Standardized World Income Inequality Database (SWIID). Foram incorporados indicadores relacionados ao desenvolvimento humano, desigualdade econômica, desigualdade de gênero, mortalidade materna e participação feminina em espaços políticos e econômicos. A análise concentrou-se na investigação das associações entre essas variáveis estruturais e indicadores de homicídio feminino em escala global.

Os resultados evidenciam que a distribuição da violência letal contra mulheres está fortemente associada a fatores estruturais e geopolíticos. Observou-se que contextos caracterizados por elevada desigualdade social, fragilidade institucional e vulnerabilidade social apresentam padrões distintos daqueles observa-

dos em países com maiores níveis de desenvolvimento humano. Além disso, a análise da literatura revelou uma importante assimetria entre os locais onde a violência ocorre e os locais onde ela é estudada, indicando desigualdades na produção global de conhecimento científico sobre o tema.

A integração entre análise bibliométrica, modelagem temática, geoprocessamento e indicadores internacionais demonstra o potencial de abordagens orientadas por dados para compreender fenômenos complexos relacionados à violência de gênero. Sob a perspectiva da criminalística e da inteligência forense, os resultados contribuem para o desenvolvimento de estratégias analíticas capazes de identificar padrões de risco, apoiar a formulação de políticas públicas baseadas em evidências e fortalecer mecanismos de cooperação internacional voltados à prevenção da violência letal contra mulheres.

Conclui-se que a compreensão da violência contra mulheres exige uma abordagem multiescalar, capaz de integrar evidências produzidas pela literatura científica, indicadores estruturais e contextos geopolíticos. A utilização de métodos computacionais e bases de dados globais representa uma oportunidade para ampliar a capacidade analítica da perícia e das ciências forenses na interpretação de fenômenos criminais complexos, contribuindo para uma atuação cada vez mais orientada por evidências.

REFERÊNCIAS

Dawson M, Carrigan M. Identifying femicide locally and globally: Understanding the utility and accessibility of sex/gender-related motives and indicators. Current Sociology, 69(5): 682–704, 2021.

Heise LL. Violence against women: an integrated ecological framework. Violence Against Women, 4(3): 262–290, 1998.

International Labour Organization. ILOSTAT Database. Geneva, 2023.

Inter-Parliamentary Union. Women in National Parliaments Dataset. Geneva, 2023.

Our World in Data. Our World in Data. Global Change Data Lab, Oxford, 2024.

Ratcliffe JH. Intelligence-Led Policing. 2nd ed. Routledge, London, 2016.

Solt F. Measuring Income Inequality Across Countries and Over Time: The Standardized World Income Inequality Database. Social Science Quarterly, 101: 1183–1199, 2020.

United Nations Development Programme. Human Development Report 2021/2022: Uncertain Times, Unsettled Lives. New York, 2022.

United Nations Office on Drugs and Crime. Global Study on Homicide 2023. Vienna, 2023.

World Bank. World Development Indicators. Washington, DC, 2023.

World Health Organization. Violence against women prevalence estimates, 2018. Geneva, 2021.

D. S. N. Rosa, Rev. Bras. Crim. 2026
Edição Especial dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Criminalística

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Produção da prova pericial em violência contra a mulher: desafios e perspectivas na implantação do Núcleo de Perícia Psicológica do DPT-BA

D. S. N. Rosa[a,*]

[a]*Instituto Médico-Legal Nina Rodrigues, Departamento de Polícia Técnica da Bahia, Salvador, (BA), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: danielle.rosa@dpt.ba.gov.br. Tel.: +55-71-99956-6775*

Palavras-chave: Perícia Psicológica; Dano Psíquico; Violência Contra a Mulher; Prova Pericial; Perícia Oficial.

A violência contra a mulher constitui um fenômeno complexo que produz impactos significativos não apenas na integridade física das vítimas, mas também em sua saúde mental. Em muitos casos, as experiências de violência estão associadas ao desenvolvimento de sofrimento psíquico intenso, alterações emocionais persistentes e prejuízos relevantes no funcionamento psicológico global.

Com o advento da tipificação penal do Crime de Violência Psicológica contra a Mulher no Código Penal brasileiro, por meio da Lei nº 14.188/2021, que alterou dispositivos da Lei Maria da Penha, a necessidade de materialização dos vestígios psíquicos tornou-se imperativa. Todavia, apesar da elevada incidência de violência psicológica registrada no Brasil, a materialização técnico-científica do dano psíquico ainda representa um desafio importante no âmbito da perícia oficial e do sistema de justiça.

Rovinski (2007) e Hutz (2020) destacam que a avaliação psicológica forense constitui processo técnico-científico capaz de produzir informações qualificadas para a compreensão dos impactos psicológicos da violência e análise dos fatos no contexto investigativo e judicial. De acordo com Oliveira e Carvalho (2024), a Psicologia coloca à disposição da justiça conhecimentos científicos, técnicos e metodológicos voltados à compreensão de fenômenos humanos relevantes para a busca da verdade dos fatos. Todavia, é preciso compreender que diferentemente da violência física, cujos vestígios costumam ser prontamente observáveis, a violência psicológica produz vestígios psíquicos que demandam metodologias especializadas para sua identificação e análise.

Nessa perspectiva, a Psicologia analisa os impactos psicológicos da violência e compreende que a avaliação do dano psíquico constitui elemento central da perícia psicológica em mulheres vítimas de violência. Christ e Flores (2024), com base em Cruz e Maciel (2005), apontam que o dano psíquico corresponde à deterioração das funções psicológicas decorrente de evento traumático capaz de produzir prejuízos significativos à vida da vítima. A análise da relação entre os sintomas apresentados pela vítima e o evento traumático vivenciado constitui elemento importante na materialização do dano. Além da identificação do dano psíquico, a perícia psicológica pode contribuir para a análise de fatores de risco relacionados à continuidade da violência, que possibilita reconhecer as situações de perigo e visa subsidiar a adoção de medidas de proteção às mulheres em situação de violência.

Entretanto, apesar da crescente demanda por esse tipo de avaliação, a institucionalização da perícia psicológica na Perícia Oficial ainda ocorre de forma heterogênea, observando-se ausência de uniformidade na oferta desses serviços e reduzida presença de cargos específicos de Perito Criminal Psicólogo nos órgãos de perícia oficial.

Nesse contexto, a implantação do Núcleo de Perícia Psicológica Forense no Departamento de Polícia Técnica da Bahia (DPT-BA) surge como proposta voltada à materialização do dano psíquico, com ampliação da capacidade institucional de produção de prova

material, com a análise dos impactos psicológicos decorrentes da violência contra a mulher, fortalecendo a atuação da Perícia Oficial do Estado da Bahia.

A proposta de implantação do Núcleo fundamenta-se na necessidade de estruturar um serviço especializado voltado à realização de avaliações psicológicas periciais, em órgão oficial, nos casos de violência contra a mulher. Entre os principais resultados esperados destacam-se a qualificação da prova pericial, a padronização de procedimentos técnicos em psicologia forense, o fortalecimento da articulação entre os órgãos do sistema de justiça criminal e a ampliação da capacidade institucional do DPT-BA para lidar com demandas complexas relacionadas aos impactos psicológicos e ao dano psíquico.

A implantação do núcleo representa, portanto, importante avanço institucional para a perícia oficial, ao estreitar a relação entre a psicologia forense e a criminalística, fortalecendo a produção de prova técnico-científica e contribuindo para o aprimoramento das estratégias de enfrentamento à violência contra a mulher.

REFERÊNCIAS

Arce, R. A credibilidade do testemunho e o dano psíquico em casos de violência contra a mulher: o sistema de avaliação global (SAG). In: PAULINO, M.; ALMEIDA, F. (coords.). Psicologia, justiça e ciências forenses: perspectivas atuais. Lisboa: Pactor, 2014. p. 99–115.

Bahia. Decreto nº 21.975, de 8 de março de 2023. Institui o Plano Estadual de Enfrentamento à Violência Contra a Mulher – PEEVCM (2023–2032). Diário Oficial do Estado da Bahia, Salvador, 8 mar. 2023

Christ, Helena Diefenthaeler & Flores Cláudia Reis. Dano psíquico e perícia psicológica. In: GUIMARÃES, Lucas (org.). Avaliação e intervenção em psicologia forense. Curitiba: CRV, 2024. p. 53–54.

Hutz, C. S. (org.). Avaliação psicológica no contexto forense. Porto Alegre: Artmed, 2020.

Oliveira, Alessandro Augusto Carvalho de & Carvalho, Cristiane Almeida de. Situando a perícia psicológica no âm-bito criminal. In: GUIMARÃES, Lucas (org.). Avaliação e intervenção em psicologia forense. Curitiba: CRV, 2024. p. 24–25.

Queiroz, P. Avaliação psicológica pericial de mulheres vítimas de violência doméstica. In: GUIMARÃES, Lucas (org.). Avaliação e intervenção em psicologia forense. Curitiba: CRV, 2023. p. 85–92.

Rovinski, S. L. R.. Fundamentos da perícia psicológica forense. 2. ed. São Paulo: Vetor, 2007.

Tavares, M. & Medeiros, M. Avaliação de risco em casos de violência contra a mulher perpetrada por parceiro íntimo.

In: HUTZ, Claudio Simon (org.). Avaliação psicológica no contexto forense. Porto Alegre: Artmed, 2020.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

O Passivo de Ossadas no Amapá (2013-2023): Estudo Transversal e Proposta de Protocolo Multidisciplinar

F. A. A. M. Silva[a,*], C. M. S. Fernandes[a,b], M. C. Serra[a]

[a]*Faculdade de Odontologia, Araraquara, Universidade Estadual Paulista ''Júlio de Mesquita Filho'' - UNESP, Araraquara (SP), Brasil*
[b]*Departamento de Ciências da Vida, Faculdade de Ciências, Universidade de Alcalá - UAH, Madri, Espanha*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: adriely.moreira@unesp.br. Tel.: +55-96-98102-9909.*

Palavras-chave: Antropologia Forense; Medicina Legal; Odontologia Legal; Restos Ósseos, Indivíduos não identificados.

A identificação de restos mortais humanos em avançado estado de decomposição ou esqueletizados representa um cenário complexo e desafiador nas investigações forenses. O problema agrava-se sensivelmente quando não existem informações *ante-mortem* que permitam o uso imediato de métodos tradicionais primários de identificação, como datiloscopia, Odontologia Legal e análise de DNA. No Departamento de Medicina Legal (DML) do Estado do Amapá, uma região de fronteira marcada por alta mobilidade demográfica e flutuações alarmantes nos índices de pessoas desaparecidas, constatou-se o problema crítico do acúmulo de ossadas humanas sem identificação, associado à ausência de bancos de dados integrados e à dificuldade de padronização nas metodologias periciais de resgate e análise. Diante dessa urgência, a premissa fundamental desta abordagem é a necessidade premente de instituir um protocolo sistematizado, multidisciplinar e focado no avanço tecnológico. A importância desse desenvolvimento para as Ciências Forenses, e especificamente para a Antropologia Forense, fundamenta-se na dupla função da identificação: além de esclarecer fatos jurídico-criminais, garante os direitos humanos ao proporcionar o luto adequado aos familiares e devolver a identidade social do indivíduo. O presente estudo baseou-se nos protocolos da Interpol para métodos de identificação primária e secundária e em estudos de antropologia bioarqueológica que abordam panorama nacional de desaparecimentos. Além disso, apoiou-se em pesquisa clássica sobre Reconstrução Facial Forense (RFF). Na fundamentação, constatou-se que modelos computacionais para RFF digital bidimensional e tridimensional, bem como análises químicas de isótopos estáveis para afiliação geográfica, já são técnicas especializadas consolidadas e aplicadas rotineiramente em outros laboratórios para resolver a escassez de dados comparativos. O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento das ossadas de indivíduos não identificados custodiados no Departamento de Medicina Legal (DML) do Estado do Amapá, conhecer e analisar os procedimentos utilizados para a busca das suas identidades e, ao final, propor um protocolo para otimizar o processo de identificação neste contexto. A validação da metodologia proposta sustentou-se em um estudo observacional transversal, combinando entrevistas com peritos oficiais e a análise de 6.744 laudos periciais emitidos entre 2013 e 2023. Os resultados quantitativos indicaram que, de 58 ossadas encontradas no período, 53 foram identificadas (com predominância de exames de DNA e Odontologia Legal) mas restou um passivo de 30 restos mortais, que ainda permaneciam custodiados sem identificação no setor. A principal lacuna enfrentada pelo atual trabalho foi a defasagem tecnológica e procedimental encontrada no DML do Amapá, que historicamente não utilizava adaptações tecnológicas e carecia de um protocolo unificado. Como principal avanço, a pesquisa estruturou um protocolo que eleva a confiabilidade e o rigor da cadeia de custódia, incorporando o uso de novas tecnologias, como o emprego de drones, geoprocessamento 3D, cães farejadores e realização de Reconstrução Facial Forense. A adoção

desse método propõe um aumento na velocidade analítica, uma vez que a divulgação da reconstrução facial agiliza o reconhecimento preliminar pela população, além de agregar máxima confiabilidade aos laudos por meio de integração obrigatória de equipes compostas por médicos-legistas e odontolegistas. Em conclusão, a pesquisa arrematou que a simples aplicação de técnicas tradicionais isoladas é insuficiente frente à complexidade moderna dos desaparecimentos. O protocolo estruturado apresentado moderniza o serviço cadavérico, unindo o rigor científico multidisciplinar a ferramentas computacionais, garantindo assim resolutividade investigativa, agilidade e dignidade nos processos de identificação humana no Estado.

Financiamento: Parte deste estudo foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

Barros, F. Kuhnen, B. Serra, M. C. Fernandes, C. M. S. Forensic sciences: ethical principles and bias. Revista Bioética, v. 29, n. 1, p. 55-65, mai, 2021.

Byers, S. N. Introduction to forensic anthropology. 4ed. USA: Routledge, 2010.

Fórum Brasileiro de Segurança Pública. 17° Anuário Brasileiro de Segurança Pública. São Paulo: Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2023.

França, G. V. Medicina Legal, 7.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A, 2004

Haglund, H. D. National crime information center (NCIC) missing and unidentified persons system revisited. Journal of Forensic Sciences, v. 38, n.2, p. 365-378, Mar. 1993.

Hirschel, J. D. Lab, S. P. Who is missing? The realities of the missing persons problem. Journal of Criminal Justice, v. 16, n. 1, p. 35-45, 1988.

Interpol. Disaster victim identification guide. Annexure 8 Methods of Identification. Lyon: INTERPOL, 2023.

Oliveira, D. D. Jesus, S. Filho, A. M. A. Corpos indigentes: a identificação dos corpos com identidade ignorada encontrados no Estado de Goiás. Revista Brasileira de Ciências Criminais, v. 25, n. 138, p. 213-236, Dez, 2017.

Wilkinson, C. Facial reconstruction: anatomical art or artistic anatomy? Journal of Anatomy, v. 216, n. 2, p. 235-250, Jan. 2010.

Wilkinson, C. Forensic Facial Reconstruction. 2ed. Nova York: Cambrigde University Press, 2008.

Zgonjamin, D. Almohammed, E. Nedic, D. Milic, A. Petkovic, S. Importance do DNA analysis of identification and confirmation of human remains, following a forensic autopsy. Forensic Science Internacional: Genetics Supplement Series, v. 7, n. 1, p. 53-55, Dez. 2019.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

A linha tênue entre a fatalidade e o crime: análise pericial de dois casos de asfixia em cães

A. A. X. Soares[a,*], G. P. Rojas[a]

[a]*Núcleo Regional de Polícia Científica de Parnaíba-PI, Departamento de Polícia Científica, Polícia Civil, Parnaíba (PI), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: alisonximenes@gmail.com. Tel.: +55-85-98976-7677.*

Palavras-chave: eficiência; Asfixiologia Veterinária, Crimes contra a Fauna, Crimes Ambientais, Maus-tratos a animais; Medicina Veterinária Legal.

O crescimento da Medicina Veterinária Forense é consequência da própria evolução da sociedade contemporânea no que tange à relação do homem com os animais. A maior proximidade do ser humano com animais de estimação tem acarretado uma crescente conscientização da sociedade em relação à importância da proteção dos animais. A perícia em local de crime envolvendo animais visa materializar a existência de crime contra a fauna, em suas modalidades e, portanto, compreendem a identificação da espécie animal envolvida e lesões observadas, assim como definição de causa mortis, as condições do local onde esse animal ou parte de animal estava inserido e o levantamento dos vestígios que configurem crime contra a fauna. O exame mínimo necessário envolve uma análise detalhada do local examinado, na busca de condições e vestígios que indiquem ocorrência de caça ou pesca ilegal, comércio de animais, atos de abuso, maus-tratos ou agressão a animais. O objetivo deste trabalho é relatar dois casos de asfixia em cães atendidos na planície litorânea do Piauí pela equipe do Núcleo Regional de Polícia Científica. Caso 1: Na manhã de 27 de novembro de 2025, a equipe do NRPC foi requisitada para atender uma ocorrência de suposto maus-tratos a animais na área urbana da cidade de Parnaíba-PI. Na área externa do local do crime, constatou-se uma fêmea canina, jovem, sem raça definida, apresentando lesões compatíveis com asfixia por enforcamento. Não se constatou no local elementos ou vestígio externos que indicassem a invasão de domicílio e/ou ação dolosa sobre o animal. Durante o exame do local do crime, o cadáver foi suspenso e rotacionado para o lado direito. Essa manobra permitiu observar o desenrolar do objeto constritor e constatar a ausência de um laço com nó fixo. O cadáver foi posteriormente examinado por um perito criminal com formação em medicina veterinária. Ao exame externo, constatou-se a presença de livores hipostáticos nos membros pélvicos, além de um sulco ascendente interrompido na região occipital. Adicionalmente, observou-se um segundo sulco localizado na região de cotovelo direito. A integração dos achados do exame de local à avaliação médico-veterinária legal permitiu constatar que o óbito decorreu de insuficiência respiratória aguda por asfixia mecânica, secundária à constrição cervical de natureza acidental. Caso 2: Na tarde de 11 de fevereiro de 2026, a equipe do NRPC foi acionada para averiguar uma denúncia de suposto maus-tratos a animais na área urbana da cidade de Luís Correia-PI. Na área externa do imóvel, localizou-se uma fêmea canina, adulta, sem raça definida, apresentando lesões compatíveis com asfixia. Durante o exame de local, constatou-se que a guia atada à coleira do animal encontrava-se totalmente tensionada e apresentava comprimento insuficiente, de forma que não permitia a livre mobilidade e a expressão do comportamento natural da espécie. Ao exame externo, constatou-se estado de putrefação com fauna cadavérica e sulco horizontal na região cervical. A integração dos achados do exame de local à avaliação médico-veterinária legal permitiu constatar que o óbito decorreu de insuficiência respiratória aguda por asfixia mecânica, secundária à constrição cervical devido à negligência no manejo do animal. A atuação conjunta entre o perito criminal do local e o perito criminal com formação em medicina veterinária, responsável pelo exame médico veterinário legal, é indispensável para subsidiar o Poder Judiciário,

garantindo a diferenciação técnica entre fatalidades e crimes perpetrados contra a fauna.

REFERÊNCIAS

Filho, A.M.P.S.; Mayrink, R.R.; Tavares, F.L.S. Áreas da Perícia – Medicina Veterinária Legal. Perícia Federal, Brasília -DF, Ano XV, Nº33, p. 8, junho de 2014. Associação Nacional dos Peritos Criminais Federais.

Tocchetto, D.; Espindula, A. Criminalística: procedimento e metodologias. 5. ed. Campinas – SP : Millenium Editora, 2022.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Investigação pericial de envenenamento animal: análise de casos submetidos à necropsia e exame toxicológico

G. C. Dalton[a,*], Y. N. G. da Fonseca[a], M. B. Castro[b], E. F. Júnior[c]

[a]*Instituto de Criminalística PCDF, Seção de Crimes Contra o Meio Ambiente, Brasília (DF), Brasil*
[b]*Laboratório de Patologia e Perícia Veterinária – Universidade de Brasília, Brasília (DF), Brasil*
[c]*Instituto de Criminalística PCDF, Laboratório de Química e Física Forense, Brasília (DF), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: gustavo.dalton@pcdf.df.gov.br, gdalton2010@gmail.com Tel.: +55-61-98175-3216.*

Palavras-chave: medicina veterinária legal; intoxicação criminosa; necropsia forense; toxicologia veterinária; maus-tratos a animais.

Os crimes de maus-tratos contra animais domésticos, especialmente aqueles envolvendo envenenamento intencional, têm se tornado mais frequentes e complexos. A intoxicação criminosa configura-se como uma das principais formas de agressão, representando um desafio para a perícia, pois a determinação da causa mortis depende da integração de múltiplas evidências, incluindo achados necroscópicos, exames toxicológicos e informações circunstanciais [1,2]. Além disso, a inespecificidade dos achados macroscópicos e a ausência de padronização na interpretação dos resultados dificultam a conclusão diagnóstica, evidenciando a necessidade de abordagens mais integradas. Nesse contexto, a medicina veterinária legal desempenha papel fundamental na produção de prova material, contribuindo para a elucidação de crimes contra animais [3]. A necropsia forense permite identificar lesões compatíveis com intoxicação, excluir diagnósticos diferenciais e coletar amostras para exames complementares [2,1]. Contudo, quando analisados isoladamente, os achados necroscópicos apresentam valor diagnóstico limitado, sendo indispensável confirmação por meio de análises toxicológicas [1]. Pesticidas estão entre os principais agentes envolvidos em intoxicações intencionais, destacando-se compostos com ação anticolinesterásica, como carbamatos e organofosforados, que promovem hiperestimulação colinérgica, insuficiência respiratória e morte [4,5]. Considerando a variabilidade regional da composição do chamado "chumbinho", estudos recentes indicam que diferentes substâncias podem estar envolvidas, sendo mais adequado referir-se ao uso de agentes anticolinesterásicos nesses crimes [6,7]. Apesar de bem descritos, ainda são escassas investigações que integrem dados periciais de rotina com confirmação laboratorial, limitando a construção de padrões interpretativos mais robustos [8]. Portanto, a análise integrada entre achados necroscópicos, resultados toxicológicos e informações circunstanciais pode contribuir para maior precisão diagnóstica e melhor compreensão do perfil pericial desses casos. Foi realizado um estudo retrospectivo com base em registros de necropsias de animais atendidos entre 2023 e 2025, totalizando 48 casos com suspeita de intoxicação. Desses, 43 foram submetidos à análise toxicológica, enquanto os demais tiveram a causa da morte determinada por outros achados conclusivos. A amostra apresentou distribuição semelhante entre cães (52,1%) e gatos (47,9%), padrão compatível com estudos prévios [9,10]. Entre os casos analisados, observou-se confirmação positiva em 46,5%, enquanto 53,4% apresentaram resultados negativos ou inconclusivos, reforçando a complexidade diagnóstica. Nos casos confirmados, houve predominância de pesticidas, com destaque para o terbufós (n = 15), seguido por aldicarbe (n = 5). Esse achado difere parcialmente da literatura, que aponta maior frequência de carbamatos [11,9], sugerindo possível variação no perfil das substâncias utilizadas [6]. Os exames seguiram diretrizes da perícia criminal ambiental, com avaliação sistemática de sinais sugestivos de intoxicação e descrição detalhada dos achados, conforme protoco-

los nacionais. [12]. Os achados necroscópicos mais frequentes incluíram edema e congestão pulmonar, além da presença de material granular escuro no trato gastrointestinal, frequentemente associado à ingestão de iscas [1]. Embora recorrentes, tais alterações são inespecíficas e podem ocorrer em diferentes condições patológicas [13], devendo ser interpretadas com cautela e associadas a exames laboratoriais. A taxa de confirmação inferior a 50% evidencia que a suspeita baseada apenas em histórico clínico ou circunstancial é insuficiente, destacando a importância da toxicologia [2,1]. A análise integrada mostrou-se eficaz tanto para confirmar intoxicações quanto para excluí-las em casos com causas alternativas de morte. A análise das circunstâncias indicou predominância de suspeitas envolvendo vizinhos, frequentemente associadas a conflitos interpessoais em ambientes urbanos [1], além de casos relacionados à administração de condomínios [14]. Situações sem identificação de autoria reforçam o papel da prova pericial na materialização do delito [3]. Conclui-se que a integração entre necropsia, toxicologia e informações circunstanciais é essencial para a produção de evidências confiáveis. Embora os achados macroscópicos sejam importantes para direcionar a investigação, sua limitação exige confirmação laboratorial. Este estudo contribui para o aprimoramento da prática pericial, fortalecendo a interpretação dos achados e a confiabilidade dos resultados.

REFERÊNCIAS

CALONI, F.; CORTINOVIS, C.; RIVOLTA, M.; DAVID, F. Suspected poisoning of domestic animals by pesticides: a review. Veterinary Medicine International, v. 2012, p. 1–8, 2012.

COOPER, J. E.; COOPER, M. E. Introduction to Veterinary and Comparative Forensic Medicine. Oxford: Blackwell Publishing, 2008.

FRANÇA, G. V. Medicina Legal. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

GUPTA, R. C. Toxicology of Organophosphate and Carbamate Compounds. San Diego: Elsevier, 2011.

KLAASSEN, C. D. et al. Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons. 8. ed. New York: McGraw-Hill, 2013.

BERNY, P.; GAILLARD, Y.; BOUQUET, O.; et al. Pesticides and poisoning in animals. Environmental Science and Pollution Research, v. 24, n. 4, p. 1–15, 2017.

CALONI, F.; CORTINOVIS, C. Pesticide intoxication in animals: an update. Animals, v. 11, n. 2, p. 1–15, 2021.

MCEWEN, B. J.; REIF, J. S. Animal abuse and forensic veterinary medicine. Veterinary Pathology, v. 56, n. 6, p. 1–10, 2019.

MARLET, E. F.; MAIORKA, P. C. Análise retrospectiva de casos de intoxicação em cães e gatos. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 62, n. 2, p. 320–326, 2010.

MCDONOUGH, S. P.; SOUTHARD, T. L. Color Atlas of Veterinary Pathology. 2. ed. Ames: Wiley-Blackwell, 2017.

MEDEIROS, R. J.; MONTEIRO, F. O.; LOPES, M. M. Intoxicações em animais de companhia: revisão de casos. Ciência Rural, v. 39, n. 3, p. 879–884, 2009.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Secretaria Nacional de Segurança Pública. Procedimentos Operacionais Padrão – Perícia Criminal Ambiental. Brasília: SENASP, 2024.

MUNRO, R.; MUNRO, H. M. C. Animal Abuse and Unlawful Killing: Forensic Veterinary Pathology. Edinburgh: Saunders Elsevier, 2013.

GARCIA, R. C. M.; CALDERÓN, N.; FERREIRA, F. Condomínios e conflitos envolvendo animais: aspectos legais e sociais. Revista de Direito Ambiental, v. 17, n. 68, p. 145–162, 2012

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Análise Toxicológica Forense da Formação de Cocaetileno em Casos de Uso Concomitante de Cocaína e Etanol: Estudo de 4 Vítimas

F. D. J. Rebouças[a*], D. P. Magalhães[a], T. V. B. Silva[a], W. P. H. Júnior[a], L. S. M. Caetano[b]

[a]*Perícia Forense do Estado do Ceará(PEFOCE), Fortaleza, Ceará, Brasil*
[b]*Laboratório Central de Saúde Pública, Fortaleza, Ceará, Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: deivis.jacinto@pefoce.ce.gov.br. Tel.: +55-85 98533-5602.*

Palavras-chave: Drogas ilícitas, Perícia Criminal, Segurança Pública, Análise Estatística, Ilhéus .

A toxicologia forense desempenha papel fundamental na elucidação de mortes relacionadas ao uso de substâncias psicoativas, especialmente em cenários de policonsumo, nos quais a interpretação dos achados laboratoriais se torna mais complexa. O uso concomitante de cocaína e etanol resulta na formação do cocaetileno, um metabólito produzido no fígado que apresenta maior toxicidade e meia-vida prolongada em comparação à cocaína isoladamente, sendo frequentemente associado a desfechos fatais (Farré et al., 1993). Nesse contexto, a identificação inequívoca desse metabólito possui relevância significativa na interpretação médico-legal e no estabelecimento do nexo causal entre o consumo de substâncias e o óbito.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a análise toxicológica forense de quatro casos envolvendo vítimas submetidas a exames post mortem, nos quais se investigou a presença de cocaína e seus metabólitos, com ênfase na detecção do cocaetileno. As amostras biológicas analisadas incluíram sangue total coletado da cavidade cardíaca e conteúdo estomacal, permitindo uma avaliação abrangente do perfil toxicológico dos indivíduos.

A metodologia empregada baseou-se em técnicas analíticas de alta sensibilidade e especificidade, incluindo cromatografia em fase líquida e gasosa acopladas à espectrometria de massas em tandem (LC-MS/MS e GC-MS/MS), consideradas padrão-ouro na toxicologia forense (Molina, 2009). A identificação das substâncias foi realizada por meio da comparação dos espectros de massa, tempos de retenção e padrões de fragmentação com bibliotecas espectrais reconhecidas e materiais de referência certificados, garantindo elevada confiabilidade analítica.

Estudos recentes demonstram que a interação entre cocaína e etanol promove a formação do cocaetileno, metabólito associado a efeitos cardiotóxicos mais intensos e a um risco significativamente aumentado de morte súbita quando comparado ao uso isolado de cocaína. Evidências indicam que o cocaetileno pode estar relacionado a um risco de morte súbita entre 18 e 25 vezes maior, possivelmente em decorrência da inibição de canais iônicos cardíacos (van Amsterdam et al., 2024). Além disso, a literatura especializada destaca a importância da identificação de metabólitos como ferramenta essencial para a correta interpretação dos achados toxicológicos em investigações médico-legais (Molina, 2009). No entanto, ainda existem desafios relacionados à padronização da interpretação desses resultados em contextos periciais, especialmente em casos envolvendo múltiplas substâncias.

Os resultados obtidos evidenciaram a presença de cocaína e de seus principais metabólitos, benzoilecgonina, norcocaína e cocaetileno, nas amostras analisadas. Em todos os casos, as concentrações de cocaína e cocaetileno foram superiores a 5000 ng/mL, indicando uso recente e em níveis elevados. A detecção do cocaetileno constitui um achado de particular rele-

vância, pois confirma o consumo concomitante de cocaína e etanol, além de contribuir para a compreensão dos mecanismos envolvidos na toxicidade observada, conforme descrito na literatura (Farré et al., 1993). A associação desses compostos potencializa os efeitos adversos sobre o sistema cardiovascular, aumentando significativamente o risco de eventos fatais.

Os achados deste estudo reforçam a importância da aplicação de métodos analíticos confirmatórios robustos na toxicologia forense, bem como da interpretação integrada dos resultados laboratoriais com o contexto investigativo (Molina, 2009). A identificação simultânea de cocaína e cocaetileno fornece subsídios técnicos relevantes para a determinação do nexo causal em casos de morte suspeita, contribuindo para maior precisão nos laudos periciais. Conclui-se que a detecção do cocaetileno, aliada à quantificação de cocaína e outros metabólitos, constitui ferramenta essencial na elucidação de casos envolvendo policonsumo de substâncias psicoativas. A utilização de técnicas como LC-MS/MS e GC-MS/MS assegura elevada confiabilidade aos resultados, fortalecendo a atuação da toxicologia forense na investigação criminal e na produção da prova pericial.

REFERÊNCIAS

Farré, M.; De La Torre, R.; Llorente, M.; Lamas, X.; Ugena, B.; Segura, J.; Camí, J. *Alcohol and cocaine interactions in humans. Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, v. 266, n. 3, p. 1364-1373, set. 1993. PMID: 8371143.

Molina, D. K. *Handbook of Forensic Toxicology for Medical Examiners*. Boca Raton: CRC Press, 2009.

Jan Van Amsterdam, J.; Gresnigt, F.; van den Brink, W. 2024. *Cardiovascular Risks of Simultaneous Use of Alcohol and Cocaine: A Systematic Review*. Journal of Clinical Medicine 13(5): 1475.

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

A Genética Forense como Ferramenta de Precisão na Identificação de Conflitos Homem-Fauna: O Caso do Ataque de Onça-Pintada (Panthera onca) no Pantanal Sul-Mato-Grossense

T. S. O. Tanaka[a,*], A. G. L. Arruda[b], W. N. M. Eduardo[b], J. S. F. Prado da Silva[b]

[a]*Seção de Genética Molecular Forense, Polícia Científica do Paraná, Paraná (PR), Brasil*
[b]*Coordenadoria-Geral de Perícias, Mato Grosso do Sul (MS), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: tayana.tanaka@policiacientifica.pr.gov.br.*

Palavras-chave: análise genética; perícia criminal; Short Tandem Repeats.

A genética forense é amplamente consolidada na resolução de crimes interpessoais. Contudo, em amostras escassas ou severamente degradadas, além da presença de inibidores, a análise tradicional de *Short Tandem Repeats* (STR) impõe severos desafios metodológicos. Embora a literatura relate a recuperação de DNA de vertebrados a partir de insetos necrófagos, há uma lacuna sobre a viabilidade de recuperação de DNA humano após o processo digestivo de grandes felinos. O presente artigo relata um caso inédito na perícia criminal brasileira, ocorrido em 2025 no Pantanal Sul-mato-grossense, no qual a Polícia Científica logrou êxito em extrair e identificar o perfil genético de uma vítima a partir de vestígios biológicos recuperados de amostras fecais de uma onça-pintada (*Panthera onca*).

O caso originou-se em 21 de abril de 2025, após o ataque fatal a um caseiro no município de Aquidauana/MS. Durante o exame pericial de local de crime, foram observadas pegadas de felídeo de grande porte e fragmentos de tecido biológico. Três dias após o evento, um espécime de onça-pintada foi capturado na região por órgãos ambientais. Durante o manejo, amostras de fezes do animal foram coletadas e encaminhadas ao Instituto de Análises Laboratoriais Forenses (IALF/CGP/MS) para constatação da presença de material biológico humano presumível e possível comparação com o material genético da vítima.

No laboratório, o material fecal foi submetido à triagem macroscópica por filtragem, resultando no isolamento de fragmentos ósseos, resíduos ungueais e fios de cabelo. Os fragmentos ósseos foram submetidos à limpeza e então pulverizados. Foram empregados dois métodos distintos de extração por kits comerciais, seguidos de quantificação por PCR em tempo real. A amplificação dos alvos autossômicos foi realizada com o sistema *PowerPlex® Fusion 6C* (Promega Corporation). Os produtos de amplificação obtidos foram objeto de eletroforese capilar e a análise dos dados genéticos foi realizada utilizando o software GeneMapper™ ID-X, versão 1.6 (Applied Biosystems, Foster City, CA).

As tentativas de obtenção de perfil genético a partir das amostras de unha e de parte dos fragmentos ósseos restaram infrutíferas devido à degradação severa. Todavia, a partir de um fragmento ósseo específico, obteve-se um perfil genético único, pertencente a um indivíduo do sexo masculino. O confronto genético revelou perfeita correspondência com o perfil de referência da vítima (J.A.), obtido a partir de amostra coletada durante o exame necroscópico.

A abordagem metodológica representou um avanço significativo ao demonstrar a viabilidade de recuperação de STRs autossômicos em matrizes fecais de grandes felídeos, historicamente preteridas devido à alta taxa de insucesso analítico. A confiabilidade dos

resultados foi assegurada pela estrita observância dos parâmetros de validação interna do laboratório, incluindo o uso de controles positivos e negativos em todas as etapas, além dos cálculos estatísticos considerando as frequências alélicas da população.

O desafio técnico superado consistiu no isolamento de DNA humano viável em matriz complexa e digerida. O sucesso da individualização substituiu presunções por evidências científicas irrefutáveis, mitigando o conflito homem-fauna. A identificação precisa possibilitou a destinação do animal ao cativeiro devido à sua habituação humana, impedindo o abate retaliatório por moradores locais e demonstrando o papel da ciência forense na conservação ambiental e na segurança pública.

REFERÊNCIAS

Haddrill PR. Developments in forensic DNA analysis. Emerg Top Life Sci. 2021 Sep 24;5(3):381-393. doi: 10.1042/ETLS20200304. PMID: 33792660; PMCID: PMC8457771.

McDonald C, Taylor D, Linacre A. PCR in Forensic Science: A Critical Review. Genes (Basel). 2024 Mar 29;15(4):438. doi: 10.3390/genes15040438. PMID: 38674373; PMCID: PMC11049589.

Campobasso CP, Linville JG, Wells JD, Introna F. Forensic genetic analysis of insect gut contents. Am J Forensic Med Pathol. 2005 Jun;26(2):161-5. PMID: 15894851.

Gómez A, Kolokotronis SO. Genetic identification of mammalian meal source in dung beetle gut contents. Mitochondrial DNA A DNA Mapp Seq Anal. 2017 Jul;28(4):612-615. doi: 10.3109/24701394.2016.1155120. Epub 2016 Mar 12. PMID: 27159706.

P. Gill & H. Haned. A new methodological framework to interpret complex DNA profiles using likelihood ratios. Forensic Sci. Int. Genet. (2013).

Applied Biosystems. GeneMapper ID-X Software v1.6: New Features and Verification User Bulletin. Foster City, CA: Applied Biosystems/Thermo Fisher Scientific; 2019

2026
ISSN 2237-9223

REVISTA BRASILEIRA DE CRIMINALÍSTICA

Edição Especial dos Anais do

Perfil toxicológico das amostras analisadas na Divisão de Toxicologia Forense do Instituto Geral de Perícias do Rio Grande do Sul e a correlação com histórico das ocorrências

G. P. Meyer[a,*], B. S. Plachi[a], C. C. Nunes[a]

[a]*Instituto Instituto Geral de Perícias, Rio Grande do Sul (RS), Brasil*
[*]*Endereço de e-mail para correspondência: gabriela-meyer@igp.rs.gov.br. Tel.: +55-51-32886176.*

Palavras-chave: perfil toxicológico; toxicologia forense; IGP-RS.

A toxicologia forense possui papel relevante na investigação de mortes por causas violentas e na verificação de abuso de substâncias psicoativas em vítimas de ocorrências policiais diversas. Os resultados laboratoriais, obtidos a partir da avaliação de cada caso, permite identificar as associações existentes entre os tipos de morte violenta e as substâncias detectadas nesses casos. O presente estudo tem como objetivo avaliar o perfil toxicológico de periciados através de um estudo retrospectivo, descritivo e analítico, dos resultados das análises de amostras biológicas encaminhadas à Divisão de Toxicologia Forense do Instituto Geral de Perícias do Rio Grande do Sul (IGP/RS), durante o período de setembro a dezembro do ano de 2025. O perfil foi traçado utilizando os resultados de exames toxicológicos de quantificação de etanol e pesquisa de pesticidas orgânicos, substâncias psicotrópicas ilícitas e lícitas, entre outras, utilizando-se sangue total como matriz. A quantificação de etanol foi realizada por cromatografia gasosa com amostragem por *headspace* e detecção por ionização em chama (HS-GC/FID), com limite de detecção e quantificação de 1,0 dg/L, enquanto a pesquisa das outras substâncias foi realizada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS) após extração líquido-líquido. Em alguns casos, conforme histórico, as amostras foram encaminhadas para análise complementar utilizando-se outras técnicas. Os resultados foram organizados em banco de dados anonimizado e submetidos à análise descritiva e exploratória. Foram avaliados exames *post mortem* relacionados à determinação de etanol e análises toxicológicas qualitativas, distribuídos entre ocorrências de homicídio, suicídio, mortes acidentais e verificações de óbito. Entre os exames de etanol *post mortem*, foram identificados 253 casos de homicídio, 435 de suicídio, 609 relacionados a acidentes e 432 referentes a verificações de óbito, totalizando 1.729 análises. Desses, 527 tiveram resultados acima do limite de detecção e quantificação para pesquisa de etanol, 102 com histórico de homicídio, 121 suicídios, 212 acidentes e 92 verificações de óbito. Já as análises toxicológicas *post mortem* para outras substâncias, compreenderam 244 casos de homicídio, 415 de suicídio, 556 relacionados a acidentes e 415 referentes a verificações de óbito, totalizando 1.630 análises. Nesses casos foram identificadas substâncias entre fármacos, drogas e pesticidas em 789 amostras, distribuídas em 113 com histórico de homicídio, 214 de suicídios, 220 provenientes de acidentes e 242 verificação de óbito. Diversos estudos na área de toxicologia forense têm traçado o perfil toxicológico em casos de morte violentas com o objetivo de identificar as substâncias envolvidas nessas ocorrências. Espera-se que a determinação do perfil toxicológico das amostras coletadas de vítimas de morte violenta no estado do Rio Grande do Sul, bem como sua correlação com o tipo de ocorrência contribua para a compreensão das substâncias envolvidas nesses tipos de ocorrência auxiliando na implantação de novas tecnologias para otimização do trabalho pericial na Divisão de

Toxicologia Forense e a comparação com dados de outras unidades de federação.

REFERÊNCIAS

OGA, S. *et al*. 2021. *Fundamentos de toxicologia*. 5 ed. São Paulo: Atheneu.

APPROVED AMERICAN NATIONAL STANDARD; AAFS STANDARDS BOARD. 2019. *Standard practices for method validation in forensic toxicology*. Standard 036, first edition.

BERNAL, E. 2012. Determination of volatile substances in forensic samples by static headspace gas chromatography. In: SALIH, Bekir. *Gas chromatography in plant science, wine technology, toxicology and some specific applications*. Rijeka: Dr. Bekir Salih, cap. 10, p. 197-224.

GERGOV, M.; OJANPERA, I.; VUORI, E. 2003. Simultaneous screening for 238 drugs in blood by liquid chromatography-ionspray tandem mass spectrometry with multiple-reaction monitoring. *Journal of Chromatography B*, (795): 41-53.

Franck M.C.; Monteiro M.G., Limberger R.P. 2021. Perfil toxicológico dos suicídios no Rio Grande do Sul, Brasil, 2017 a 2019. *Revista Panamericana Salud Publica*. (45).

Rocha, D. L. et al. 2024. Análise comparativa dos resultados analíticos dos ensaios toxicológicos

do Núcleo de Laboratórios Forense do Instituto de Polícia Científica de Campina Grande-PB. *Revista Brasileira multidisciplinar*. (27): 133 – 143.

Borges R. N. et al. 2020. Perícias forenses: análise dos laudos toxicológicos no estado do Ceará. *Arq Med Hosp Fac Cienc Med Santa Casa São Paulo.* (65): 1-7.

Freire A.; Cabarcos F. P.; Regenjo V. M.; Tabernero D. MJ., Bermejo B. AM. 2020. Investigación toxicológica en suicidios a partir de las muestras recibidas en el Servicio de Toxicología Forense de la Universidad de Santiago de Compostela en el periodo 2009-2018. *Revista de Toxicologia*. (37): 26-30.