

UNIVERSIDADE PAULISTA

NICOLY OLIVEIRA DE ARAÚJO

OS AVANÇOS NOS MEIOS DE IDENTIFICAÇÃO CADAVERICA NAS CIÊNCIAS
FORENSES: PERSPECTIVAS FUTURAS COM O USO DA IA

9,2

Aline
Dra. Aline F. de Oliveira Pereira
Coordenadora Auxiliar - Biomedicina
CRBM. 25171
UNIP - São José do Rio Pardo

SÃO JOSÉ DO RIO PARDO
2025

NICOLY OLIVEIRA DE ARAÚJO

**OS AVANÇOS NOS MEIOS DE IDENTIFICAÇÃO CADAVÉRICA NAS CIÊNCIAS
FORENSES: PERSPECTIVAS FUTURAS COM O USO DA IA**

Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção
do título de Graduação em Biomedicina
apresentado à Universidade Paulista – UNIP.

Orientador (a): Prof. Me. Rafael Eduardo Pereira

**SÃO JOSÉ DO RIO PARDO
2025**

RESUMO

A identificação de cadáveres é uma das principais tarefas das ciências forenses, desempenhando um papel fundamental na resolução de investigações criminais, desastres em massa e casos de pessoas desaparecidas. Tradicionalmente, métodos como a análise de impressões digitais (Papiloscopia), exames antropológico, odontológicos e de DNA têm sido os mais utilizados devido à sua alta precisão. No entanto, essas abordagens apresentam desafios, como tempo de processamento prolongado e a necessidade de dados *ante-mortem* para comparação. Este trabalho explorou os avanços nos meios de identificação forense, destacando as perspectivas futuras com o uso da Inteligência artificial nesse campo. Apesar dos desafios éticos e metodológicos envolvidos, a adoção de sistemas inteligentes promete transformar a identificação de cadáveres, tornando mais rápida, acessível e confiável. A escassez de fontes confiáveis relacionadas à aplicação da inteligência artificial na identificação cadavérica constituiu-se como o principal desafio enfrentado ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Essa limitação, entretanto, reforçou a relevância da pesquisa e serviu como motivação para que este estudo também se tornasse uma fonte de referência teórica e técnica para futuras investigações sobre o tema. A incorporação de tecnologias como machine learning, visão computacional e reconstrução facial 3D tem permitido alcançar resultados antes inimagináveis na identificação humana. Diante desse cenário, conclui-se que a identificação cadavérica nas Ciências Forenses, impulsionada pelas tecnologias mais recentes do mercado, apresenta um futuro promissor; contudo, dependerá diretamente da convergência entre inovação tecnológica, capacitação contínua dos profissionais e responsabilidade ética na aplicação dessas ferramentas.

Descritores: Identificação de cadáveres; ciências forenses; métodos; inteligência artificial; desafio.

ABSTRACT

The identification of cadavers is one of the main functions of forensic sciences, playing an essential role in solving criminal investigations, mass disasters, and missing person cases. Traditional methods such as fingerprint analysis, anthropological, odontological, and DNA examinations are widely used for their accuracy but face challenges such as long processing times and dependence on ante-mortem data. This study explored advances in forensic identification methods, highlighting future perspectives with the use of artificial intelligence (AI). It was observed that AI has been consolidating itself as an innovative tool capable of optimizing analyses, reducing errors, and improving accuracy in human identification. Despite ethical and methodological limitations and the scarcity of sources on the subject, it was found that the adoption of intelligent systems tends to make cadaver identification faster, more accessible, and more reliable, representing a significant step toward the future of forensic investigations. The scarcity of reliable sources related to the application of artificial intelligence in cadaver identification was the main challenge faced during the development of this research. However, this limitation reinforced the relevance of the study and served as motivation for it to also become a theoretical and technical reference for future investigations on the topic. The incorporation of technologies such as machine learning, computer vision, and 3D facial reconstruction has enabled results previously unimaginable in human identification. In this context, it is concluded that cadaveric identification in Forensic Sciences, driven by the most advanced technologies on the market, presents a promising future; however, it will directly depend on the convergence of technological innovation, continuous professional training, and ethical responsibility in the application of these tools.

Keywords: post-mortem identification; forensic science; artificial intelligence; cadaver recognition; forensic technology.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	JUSTIFICATIVA	8
3	OBJETIVOS	9
3.1	Objetivos Gerais	9
3.2	Objetivos específicos	9
4	MATERIAL E MÉTODOS	10
5	REVISÃO DA LITERATURA	11
5.1	Histórico e evolução da identificação cadavérica	11
5.2	Surgimento dos métodos tracionais de identificação	13
5.2.1	Necropapiloscopia	13
5.2.2	Odontologia Forense Comparativa	16
5.2.3	DNA Forense	18
5.3	Avanços tecnológicos recentes e uso da Inteligência Artificial aplicada às Ciências Forenses	22
5.4	Perspectivas futuras	25
6	CONCLUSÃO	26
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1 INTRODUÇÃO

A morte, sob a perspectiva médico-legal, é compreendida como a cessação total e irreversível das funções vitais, marcando o fim da atividade biológica de um organismo. Essa definição é fundamental para as ciências forenses, pois estabelece o ponto de partida para investigações que visam determinar a identidade do corpo, a causa e o momento do óbito. A tanatologia forense, ramo da medicina legal dedicado ao estudo da morte, desempenha um papel crucial nesse contexto, fornecendo métodos e critérios para o diagnóstico preciso do óbito.¹

O órgão responsável por periciar todos os cadáveres, vítimas de morte violenta é o Instituto Médico Legal (IML), tanto as intencionais, decorrentes de homicídios, como as não intencionais, decorrentes de acidentes de trânsito e de trabalho ou, ainda, as autoinfligidas, como é o caso do suicídio. Por se tratar de morte violenta, muitas vezes, os corpos chegam ao IML em estágios avançados de decomposição, o que dificulta significativamente o trabalho da perícia médico-legal, comprometendo a análise de informações, exigindo maior cautela e detalhamento nas análises.^{1,2}

O entendimento dos processos de decomposição cadavérica é essencial para a interpretação de um contexto com restos humanos. O cadáver passa pelas seguintes etapas em seu processo de decomposição: Autólise (a primeira fase da decomposição de um cadáver, marcada pela interrupção da circulação sanguínea, e a autodigestão enzimática); Putrefação (causada pela atividade da flora bacteriana, principalmente intestinal, que começam a digerir as proteínas e eliminar gases e líquidos); Colonização (decorrente dos gases, bichos e insetos são atraídos e, utilizam do cadáver para viverem e se alimentarem); Esqueletização (nessa fase restam apenas os ossos e um pouco de cartilagem, pelos e cabelo).^{3,4,5}

Diversos fatores podem influenciar nessas etapas de decomposição do cadáver, os principais deles são: a forma como ocorreu a morte, e o meio em que o cadáver está se decompondo, como as condições do solo, da água, temperatura e a exposição ou não ao sol, estão diretamente ligados a decomposição acelerada ou lenta do corpo.^{3,4,5}

A perícia trabalha com métodos de afunilamento para a identificação de cadáveres em decomposição irreconhecíveis, ou seja, realiza a exclusão de possibilidades à medida que vão surgindo novas evidências. Exemplos disso incluem a observação de tatuagens e sinais de cicatrizes durante a necropsia, quando ainda há preservação da pele e o corpo não se encontra em estágio avançado de

decomposição; fraturas específicas ou ainda a presença de placas e pinos metálicos, identificados por meio do exame antropológico e posteriormente comparados com prontuários médicos existentes. Esse processo contribui para a exclusão sistemática de hipóteses, reduzindo progressivamente o número de possíveis correspondentes compatíveis com a vítima.⁶

A busca por técnicas confiáveis e seguras de identificação humana *post-mortem* é constante. Atualmente, além da verificação de características próprias observadas em cadáveres em decomposição, existem métodos científicos consolidados e amplamente aceitos pela comunidade forense internacional. Entre eles, destacam-se: a necropapiloscopia, que consiste na análise das impressões digitais; a odontologia forense comparativa, baseada na análise de radiografias, prontuários e modelos dentários; e a identificação por meio da análise de DNA.^{7,8,9}

Com os avanços tecnológicos, a Inteligência Artificial tem sido integrada a todos esses processos, contribuindo significativamente para a automatização das análises, o aumento da acurácia, o reconhecimento cadavérico precoce e a superação de limitações operacionais enfrentadas em investigações forenses tradicionais.^{7,8,9}

2 JUSTIFICATIVA

A escolha do presente tema se deu a partir do meu interesse pessoal e acadêmico pela área forense, campo no qual pretendo atuar profissionalmente. Ao longo da graduação, percebi a importância da identificação cadavérica dentro de investigações criminais, e, por isso, optei por aprofundar meus conhecimentos sobre os métodos utilizados nesse processo. A proposta deste trabalho surgiu, portanto, da intenção de compreender melhor as técnicas atualmente empregadas, com ênfase nos avanços proporcionados pela inteligência artificial, uma ferramenta inovadora que tem transformado diversas áreas da ciência, inclusive a forense.

Além de contribuir para minha formação e preparação profissional, este estudo também visou agregar valores científicos ao campo da identificação humana *post-mortem*, especialmente por abordar uma tecnologia emergente que ainda está em expansão. Acredita-se que os resultados apresentados neste trabalho possam ser úteis não apenas para o desenvolvimento de novas pesquisas, mas também para estudantes e profissionais que desejam ingressar ou se especializar na área forense.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivos Gerais

O presente trabalho teve como objetivo geral a investigação, de forma fundamentada, dos avanços nos meios de identificação cadavérica *post-mortem*, com ênfase no uso da Inteligência artificial.

Considerando a escassez significativa de literatura científica, técnica e acadêmica sobre essa intersecção temática, tanto em fontes digitais quanto impressas, o trabalho também se propôs a contribuir com o conhecimento já existente, agregando informações relevantes que possam servir como fonte de consulta confiável para pesquisadores, profissionais e demais interessados no tema.

3.2 Objetivos Específicos

Inicialmente, o trabalho pretendeu realizar um levantamento bibliográfico sistemático sobre os principais métodos tradicionais de identificação cadavérica, tais como a análise antropológica e odontológica, a papiloscopia e os exames genéticos por meio do DNA. Essa etapa visou estabelecer uma base comparativa sólida que permitisse compreender os limites, as contribuições e os avanços dessas abordagens dentro da rotina pericial forense.

Em seguida, foi buscado conceituar e contextualizar a inteligência artificial (IA), apresentando seus fundamentos teóricos, funcionamento algorítmico e aplicações consolidadas em diferentes áreas do conhecimento. A intenção foi compreender como a IA tem sido incorporada em ambientes complexos, inclusive na área da saúde, traçando paralelos possíveis com o campo da perícia forense.

O trabalho também se propôs a avaliar as lacunas existentes na produção acadêmica e técnica, tanto em nível nacional quanto internacional, voltada à interface entre inteligência artificial e Ciências Forenses. Essa carência foi discutida à luz da urgência por inovação científica na área, destacando a importância de fomentar novos estudos que desenvolvam protocolos e ferramentas tecnológicas aplicáveis à identificação humana em contextos cadavéricos.

Por fim, objetivou-se discutir os desafios e implicações éticas, legais e operacionais envolvidos na adoção de ferramentas baseadas na IA em processos periciais. Para tal foram consideradas questões como a confiabilidade dos algoritmos, a validação científica dos métodos, a regulamentação jurídica e os riscos associados ao uso indevido ou equivocado dessas tecnologias no campo forense.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho caracterizou-se como uma pesquisa de natureza qualitativa e exploratória, com delineamento bibliográfico e documental, voltada para o levantamento e análise crítica de fontes científicas, técnicas e acadêmicas que tratassem da identificação *post-mortem* e da aplicação da inteligência artificial no contexto das ciências forenses.

A coleta de dados foi realizada por meio da pesquisa bibliográfica sistemática, utilizando bases de dados científicas reconhecidas, tais como SciELO, PubMed, Google Acadêmico e também, uma seleção de livros e revistas confiáveis.

Como critério de inclusão, foram selecionados artigos científicos, livros, dissertações, teses e documentos técnicos publicados entre 2010 e 2025, em português e inglês, e que apresentassem relação direta com o tema proposto. Fontes que abordassem a aplicação de IA em contextos forenses, mesmo que em áreas paralelas à identificação humana, também foram consideradas relevantes para fins comparativos. Fontes sem respaldo científico ou com abordagem opinativa e sem embasamento técnico foram excluídas.

A análise dos dados foi feita por meio da técnica de análise de conteúdo, permitindo a interpretação dos resultados com base em categorias temáticas previamente definidas.

A presente metodologia buscou não apenas mapear o tema, mas também identificar lacunas de conhecimento que justifiquem a necessidade de novas pesquisas e o desenvolvimento de aplicações tecnológicas no campo da identificação forense.

5 REVISÃO DA LITERATURA

5.1 Histórico e evolução da identificação cadavérica

A palavra Tanatologia tem sua origem no grego, sendo formada a partir de *Thanatos* (morte) e *logos* (estudo). Na mitologia grega, **Tânato** era a personificação da morte inevitável, muitas vezes descrito como um Deus sereno e irmão gêmeo de Hipnos, o sono. Essa simbologia mitológica reflete a tentativa humana, desde a antiguidade, de compreender e atribuir significado ao fenômeno da morte.¹⁰

No campo científico, a Tanatologia consolidou-se como a área do conhecimento dedicada ao estudo sistemático da morte em seus múltiplos aspectos, incluindo os processos biológicos, psicológicos, sociais e legais. Dentro das Ciências Forenses, destaca-se a **Tanatologia Forense**, voltada à análise das alterações cadavéricas e às técnicas de identificação humana *post-mortem*. Essa área tornou-se essencial para a investigação criminal, a elucidação de mortes suspeitas e a garantia de direitos civis, como a identidade de vítimas em contextos de violência, desastres ou desaparecimentos.¹⁰

Antes da consolidação das Ciências Forenses moderna, a identificação de indivíduos falecidos era realizada de maneira predominantemente empírica, baseada na observação de traços físicos visíveis, vestimentas, joias, objetos pessoais ou marcas corporais superficiais. Historicamente, comunidades antigas desde o Egito e Mesopotâmia até civilizações da Grécia e Roma utilizavam essas características como forma de identificação cadavérica, embora de forma pouco padronizada e altamente dependente do contexto social e cultural, como exemplo disso, em relatos da Roma Antiga, a presença de insígnias familiares ou tatuagens rudimentares era considerada suficiente para confirmar identidades; enquanto em sociedades egípcias, a preservação do corpo e a análise de amuletos e ornamentos funerários eram instrumentos indiretos de identificação. No entanto, tais métodos apresentavam limitações evidentes, especialmente em situações de decomposição, queimaduras, mutilações ou desastres naturais, onde a aparência externa era comprometida, tornando o reconhecimento visual ou por pertences pessoais altamente falível. Essas dificuldades enfatizavam a vulnerabilidade da identificação empírica, evidenciando a necessidade de métodos mais sistemáticos e científicos.^{11,12}

A crescente preocupação com a segurança jurídica e a elucidação de crimes violentos no século XVIII e XIX estimulou o surgimento da Medicina Legal como disciplina estruturada, com bases científicas sólidas para análise de cadáveres e

investigação de mortes suspeitas. Nesse contexto, foram introduzidos os primeiros métodos padronizados de registro de características físicas, como a antropometria criminal, desenvolvida por Alphonse Bertillon em 1883, que buscava criar uma forma objetiva de identificação baseada em medidas corporais.^{11,12}

A antropometria consistia na coleta de medidas precisas de diversas partes do corpo humano, como comprimento do crânio, largura dos ombros, tamanho dos dedos e comprimento dos pés, com o objetivo de criar um registro individualizado de cada pessoa. Esse método representou um avanço significativo ao introduzir objetividade e padronização na identificação de indivíduos, reduzindo a dependência de relatos subjetivos ou de objetos pessoais para reconhecimento. Diversos países adotaram o sistema de Bertillon como ferramenta oficial de identificação, e ele se mostrou particularmente útil na catalogação de criminosos reincidentes, facilitando o trabalho policial e jurídico da época.¹³

Apesar de seu pioneirismo, a antropometria apresentava limitações importantes, alterações físicas naturais, como crescimento, envelhecimento ou mudanças no peso, poderiam comprometer a precisão das medidas. Além disso, em casos de corpos mutilados, feridos ou em decomposição, muitas das medições se tornavam inviáveis, reduzindo então a confiabilidade do método. Esses desafios evidenciam que, embora a antropometria tenha sido um marco na transição para abordagens científicas, ela ainda não atendia plenamente à necessidade de identificação inequívoca de indivíduos, abrindo caminho para o surgimento de técnicas mais precisas.¹⁴

Atualmente, a antropologia forense tem se destacado como uma área essencial na identificação humana, integrando o conhecimento anatômico e osteológico clássico com inovações tecnológicas que ampliam a precisão das análises. Diferente das práticas tradicionais, que se baseavam apenas na observação morfológica, as abordagens atuais utilizam recursos digitais avançados que permitem explorar cada detalhe dos vestígios humanos sem comprometer sua integridade.¹⁵

Entre as principais técnicas empregadas destacam-se o escaneamento tridimensional (3D) e a tomografia computadorizada de alta resolução, ferramentas que possibilitam a digitalização completa dos ossos e a reconstrução virtual do esqueleto. Esses métodos permitem análises detalhadas de fraturas, traumas e características anatômicas, otimizando a identificação mesmo em casos de restos fragmentados. A reconstrução facial forense digital, por sua vez, utiliza *softwares*

especializados e algoritmos de inteligência artificial para reconstituir a aparência do indivíduo, unindo dados anatômicos, imagens de referência e técnicas de modelagem virtual com alto grau de realismo.¹⁵

Outro avanço notável é o uso da morfometria geométrica, técnica que mensura e compara estruturas craniofaciais com precisão milimétrica, auxiliando na determinação de sexo, ancestralidade e idade. Além disso, o desenvolvimento de bancos de dados antropométricos e genéticos integrados tem possibilitado o cruzamento de informações ósseas e biométricas em larga escala, agilizando os processos de identificação. Dessa forma, a antropologia forense moderna consolida-se como um campo interdisciplinar que combina biologia, tecnologia e ética, reafirmando seu papel fundamental nas ciências forenses contemporâneas.¹⁵

5.2 Surgimento dos métodos tracionais de identificação

5.2.1 Necropapiloscopia

A necropapiloscopia foi um dos primeiros métodos aplicados para a identificação de cadáveres, fundamentada no uso das impressões digitais (elevações encontradas na pele dos dedos, palmas das mãos e plantas dos pés). As impressões digitais são formadas ainda no útero e permanecem inalteradas ao longo de toda a vida, o que as torna uma característica segura e confiável de identificar uma pessoa.¹⁶

Embora o uso das impressões digitais para fins de identificação remonte a milhares de anos, com registros de civilizações antigas aplicando marcas digitais em contratos e documentos como forma rudimentar de autenticação, a papiloscopia moderna consolidou-se apenas no final do século XIX, com o pioneirismo do cientista britânico Sir Francis Galton. Poucos anos depois, em 1892, o policial argentino Juan Vucetich realizou a primeira identificação criminal bem-sucedida por meio de impressões digitais, solucionando o caso de Francisca Rojas, acusado de ser o primeiro crime elucidado com base nesse método. Desde então, a papiloscopia vem sendo constantemente aprimorada, tornando-se um dos pilares da investigação forense moderna em todo o mundo.^{17,18}

A leitura das impressões digitais baseia-se na análise de elementos morfológicos característicos presentes nas cristas papilares. Entre os pontos de referência mais importantes está o **núcleo**, região central do desenho que orienta a classificação do padrão (arco, laço, presilha ou verticilo). Outro elemento fundamental é o **delta**, formado pelo ponto de convergência de três fluxos de cristas, servindo como

guia para a orientação da análise. Além desses, a identificação detalhada depende das chamadas **minúcias**, que correspondem às variações nas cristas, como bifurcações, terminações, ilhas ou pontos. A correta observação e comparação desses elementos permitem distinguir indivíduos com elevado grau de precisão, sendo esse o princípio básico da papiloscopia moderna.¹⁹

Papiloscopia Forense

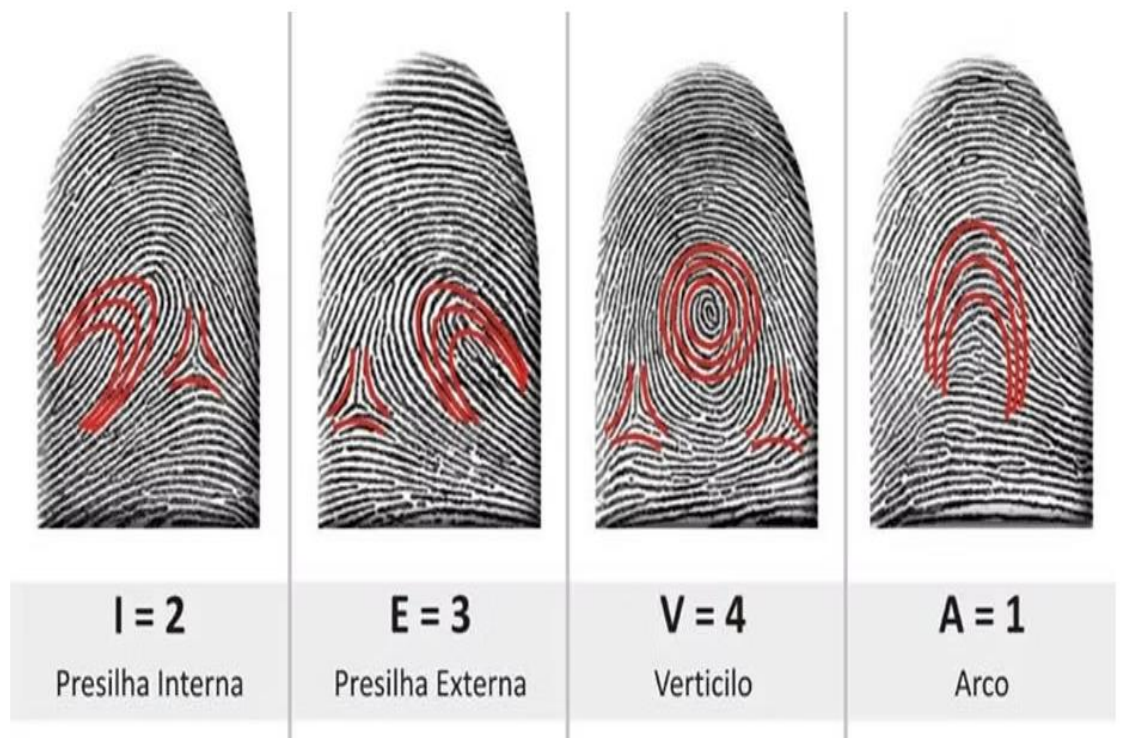


Figura 1 - Padrões de impressões digitais (Presilhas, verticilo e arco) [Imagem]. Freitas G. Papiloscopia Forense – Conversando com a Ciência [Internet – acesso em 17 set. 2025]. São Paulo; 2018.



Figura 2 – Natosafe. Tipos de minúcias [Imagem]. A digital do bebê muda com o passar dos anos? [Internet – acesso em 17 set. 2025]. Paraná.

As impressões digitais podem ser classificadas em três categorias principais: ¹⁶

- Impressões digitais latentes: são aquelas invisíveis a olho nu, formadas a partir da deposição de suor, oleosidade ou outros resíduos presentes na pele dos dedos sobre uma superfície.
- Impressões digitais visíveis: resultam do contato direto dos dedos com substâncias pigmentadas, como sangue, tinta ou graxa, deixando marcas perceptíveis sem a necessidade de técnicas de revelação.
- Impressões digitais moldadas: são produzidas quando os dedos pressionam materiais maleáveis, como cera, argila ou massa, gerando um relevo que reproduz as cristas papilares.

A técnica de coleta dessas impressões digitais é o passo fundamental para garantir a confiabilidade da identificação. Dependendo do tipo de impressão se aplicam diferentes métodos de revelação: Impressões latentes, que são invisíveis a olho nu, podem ser tratadas com pós magnéticos ou pó de carvão, reagentes químicos como ninidrina, ou exposição a vapores de cianoacrilato (superglue fuming) para formar imagens visíveis. Já impressões visíveis podem ser fotografadas diretamente, enquanto impressões moldadas exigem moldagem cuidadosa em materiais como silicone ou gesso. Durante todo o processo, é essencial que o perito evite a

contaminação e preserve a integridade da impressão, registrando-a adequadamente para posterior análise.¹⁹

Após a coleta, a análise pode ser realizada manualmente ou com auxílio de sistemas automatizados, como o **AFIS (Automated Fingerprint Identification System)**. Esse sistema digitaliza a impressão, identifica e registra pontos característicos das cristas (minúcias, núcleos, deltas) e compara com bancos de dados previamente armazenados, agilizando a identificação de suspeitos ou vítimas. Apesar da automação, o AFIS não substitui o trabalho pericial, sendo necessária a **confirmação manual** por um especialista para validar a correspondência. O uso combinado de métodos manuais e digitais aumentou significativamente a precisão e a rapidez das investigações forenses.²⁰

5.2.2 Odontologia Forense Comparativa

A Odontologia Forense é uma área especializada que atua na identificação humana por meio da análise de características dentárias únicas e individualizadas. Essa especialidade considera que não existem duas pessoas com arcadas dentárias absolutamente idênticas, devido às múltiplas variáveis envolvidas, como o posicionamento dos dentes, a presença de restaurações, extrações, próteses, e o histórico de intervenções odontológicas. Tais particularidades tornam a arcada dentária um recurso altamente confiável para a identificação de indivíduos, especialmente em casos onde outros métodos são inviáveis.²¹

A morfologia coronal dos dentes permanentes tende a ser estável ao longo do crescimento e desenvolvimento do indivíduo, sofrendo alterações apenas em casos específicos, como distúrbios nutricionais, doenças hereditárias ou outras condições patológicas. Por essa estabilidade morfológica, os elementos dentários podem ser utilizados como indicadores na determinação do sexo biológico, características como o formato e o volume dos dentes permitem essa diferenciação, sendo um exemplo clássico os incisivos centrais superiores, que, em geral, apresentam maior volume em indivíduos do sexo masculino quando comparados aos do sexo feminino.²¹

No entanto, para que todas essas análises sejam precisas, é fundamental a existência de uma rotina de registros e armazenamentos sistemáticos de dados odontológicos não apenas em contextos periciais, mas em todo e qualquer atendimento clínico realizado por profissionais da área. Prontuários odontológicos completos, com registros detalhados da condição da cavidade bucal, como

radiografias, fotografias, anotações clínicas e modelos, são de extrema importância. A correta organização e conservação dessas informações possibilitam uma comparação efetiva entre os dados *ante-mortem* e *post-mortem*, contribuindo significativamente para o sucesso dos processos de identificação forense.²¹

Como método auxiliar na orientação e comparação do perfil antropológico de um indivíduo não identificado, é possível utilizar uma técnica matemática que permite estimar a estatura com base em medidas dentárias. Essa metodologia envolve a mensuração, em milímetros, do “arco” de circunferência formado pela soma dos diâmetros méso-distais dos dentes incisivos centrais, laterais e caninos inferiores, no arco mandibular. Para complementar essa análise, traça-se uma linha reta denominada “corda” entre os pontos extremos desse arco, partindo da borda mesial do incisivo central até a borda distal do canino do mesmo lado. A estimativa da altura corporal do indivíduo é então realizada com base na relação entre essas duas medidas: a do arco dentário (como valor máximo) e a da corda inferior (como valor mínimo), permitindo o cálculo proporcional da estatura.²¹

Com a interpretação de radiografias intrabucais e extrabucais, a partir da avaliação do grau de mineralização dentária, é possível obter dados essenciais para a construção do perfil biológico das vítimas, sendo especialmente valiosa em casos de cadáveres em avançado estado de decomposição, onde métodos tradicionais de estimativa etária não são aplicáveis.²¹

Quando os dados odontológicos são poucos ou muito antigos, o perito deve usar todos os métodos de identificação possíveis e contar com a ajuda de odontologistas forenses experientes para garantir um resultado confiável. Porém, esse método tem limitações em crianças e adolescentes que ainda não passaram por tratamentos dentários, e também em pessoas desdentadas, nas quais a comparação se torna mais difícil.²¹

A Identificação de Vítimas em Desastres (DVI) é um processo que exige ainda mais cuidado, pois sua conclusão só será bem-sucedida quando houver um planejamento adequado. Esse resultado depende do uso de ferramentas de diagnóstico apropriadas e de uma equipe de especialistas devidamente treinada. Nesses casos, o conhecimento sobre a dentição humana incinerada e os resíduos de materiais restauradores pode contribuir significativamente para a identificação de corpos carbonizados. Os dentes submetidos a altas temperaturas passam por diferentes estágios de alteração, sendo que os elementos dentários enegrecidos,

resultantes das fases iniciais de aquecimento, tendem a apresentar maior estabilidade em comparação à porcelana branca, que se deteriora com a exposição prolongada ao calor intenso.²¹

A identificação de restos mortais por meio do crânio apresenta particularidades em relação a outras técnicas, principalmente devido às diferenças morfológicas entre os sexos. Além disso, os elementos dentários tendem a resistir por mais tempo a condições ambientais desfavoráveis, o que permite a obtenção de material genético e oferece vantagens em comparação às técnicas tradicionais de identificação.²¹



Figura 3 - Radiografia panorâmica utilizada como exemplo. Fonte: Od. Luis Marcano. *Odontologia Forense: 5 campos de ação* [Internet – acesso em 12 out. 2025]. 2025.

5.2.3 DNA Forense

O uso do DNA na identificação criminal teve início em 1985, na Inglaterra, representando um marco histórico para a Genética Forense. Nesse caso, o geneticista Alec Jeffreys analisou amostras de sêmen coletadas de uma vítima de estupro e homicídio, conseguindo determinar o perfil genético do agressor. Pouco tempo depois, ocorreu um novo crime com características semelhantes, e as análises de Jeffreys revelaram que o mesmo indivíduo havia cometido ambos os delitos.²²

Diante disso, as autoridades locais organizaram uma ampla campanha de doação de sangue com o objetivo de comparar o DNA dos habitantes do condado ao material genético encontrado nas vítimas. No entanto, nenhum resultado coincidiu com o perfil do criminoso. As investigações prosseguiram até que um suspeito, que havia deixado a cidade durante o período dos crimes, retornou e foi convidado a doar

sangue. A análise genética confirmou que o DNA do viajante correspondia ao material biológico encontrado nas vítimas, solucionando o caso e inaugurando oficialmente o uso do DNA como ferramenta de identificação humana e prova científica nas investigações criminais.²²

A partir desse caso, o perfil genético, é amplamente reconhecido como um método fundamental na identificação individual, uma vez que as informações contidas no DNA são determinadas pela sequência específica das bases nitrogenadas as “letras” do alfabeto genético organizadas nos cromossomos.²³

No genoma humano, existem aproximadamente três bilhões de pares de bases, dispostos na mesma ordem em todas as células de um mesmo indivíduo. Essa ordem, contudo, varia de pessoa para pessoa, o que garante a unicidade genética de cada ser humano. Assim, quanto mais distintas forem as sequências genéticas entre dois indivíduos, maior será a diferença entre seus perfis genéticos. Por outro lado, indivíduos biologicamente aparentados como pais, filhos e irmãos apresentam maior similaridade genética em razão do compartilhamento de parte significativa do material hereditário. A exceção ocorre apenas nos gêmeos monozigóticos, que são clones naturais e possuem sequências genéticas idênticas.²³

As evidências biológicas que apresentam células como manchas de sangue, sêmen, ossos, cabelos e outros vestígios são frequentemente encontradas em cenas de crime, podendo ter a informação genética extraída e analisada por meio de técnicas moleculares em laboratório, o que permite a identificação de possíveis suspeitos. Para que a técnica de identificação genética seja plenamente eficaz, é fundamental que a amostra biológica seja corretamente coletada, acondicionada e transportada, garantindo a integridade do material a ser analisado.²³

Pode ocorrer degradação e contaminação de DNA nos laboratórios e nos locais de crime. A degradação biológica da informação genética é feita por enzimas produzidas por fungos e bactérias, por conta da umidade e do calor. E existe também a possibilidade da contaminação, que é a deposição de material biológico de outra pessoa na amostra.²³

Para um efetivo controle da integridade física do material biológico coletado, faz-se necessário a documentação de sua cadeia de custódia, que diz respeito à identificação de todas as pessoas responsáveis pela guarda da amostra, e das condições em que as mesmas se encontravam a cada nova transmissão, desde a

coleta até sua análise em laboratório. Este controle é obtido mediante recibos assinados a cada transmissão de posse da amostra.²³

Embora o DNA forense seja uma ferramenta de grande relevância nas investigações criminais, ele não pode, por si só, comprovar a culpabilidade ou a inocência de um indivíduo. No entanto, é capaz de estabelecer uma ligação científica entre a pessoa e a cena do crime.²³

O material genético humano encontra-se na forma de cromossomos microscópicos localizados no núcleo das células, embora também possa ser encontrado fora dele, nas mitocôndrias estruturas responsáveis pela produção de energia. Em análises forenses, o estudo costuma concentrar-se no conteúdo nuclear, mas em situações em que este não pode ser aproveitado, como em fios de cabelo sem bulbo ou ossos muito antigos, é possível recorrer ao genoma mitocondrial. O método mais utilizado atualmente para identificação humana é o de microssatélites, conhecido como STR (*Short Tandem Repeats*), que analisa regiões repetitivas do ácido desoxirribonucleico. Essa investigação é realizada por meio da técnica de PCR (*Polymerase Chain Reaction*), capaz de multiplicar pequenas quantidades de amostra.²³

A PCR foi descrita em 1985, por Kary Mullis, que, em 1993, recebeu o Prêmio Nobel em Química por seu feito. Desde o início, a PCR foi reconhecida como uma resposta em potencial para a quantidade de líquido biológico frequentemente encontrado na área forense. A Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) é uma técnica qualitativa simples, pela qual moléculas de DNA ou DNA complementar são amplificadas milhares ou milhões de vezes de uma forma bastante rápida. Todo o procedimento é realizado *in vitro*, gerando material genético em quantidade suficiente para análises posteriores. A técnica é extremamente sensível, possibilitando a amplificação do código genético a partir de uma quantidade mínima de amostra.²³

Conclui-se que houve, nos últimos anos, um grande crescimento da área forense no Brasil, e novas técnicas são empregadas nos laboratórios, que já se encontram com equipamentos de primeiro mundo. Apontada como a maior revolução científica na esfera forense desde o reconhecimento das impressões digitais como uma característica pessoal, as técnicas de identificação fundamentadas na análise do material genético ostentam duas vantagens sobre os métodos convencionais de identificação: a estabilidade química do ácido desoxirribonucleico, mesmo após longos períodos de tempo, e a sua ocorrência em todas as células nucleadas do

organismo humano, o que permite condenar ou absolver um suspeito com uma única gota de sangue ou através de um único fio de cabelo encontrado na cena do crime.²³

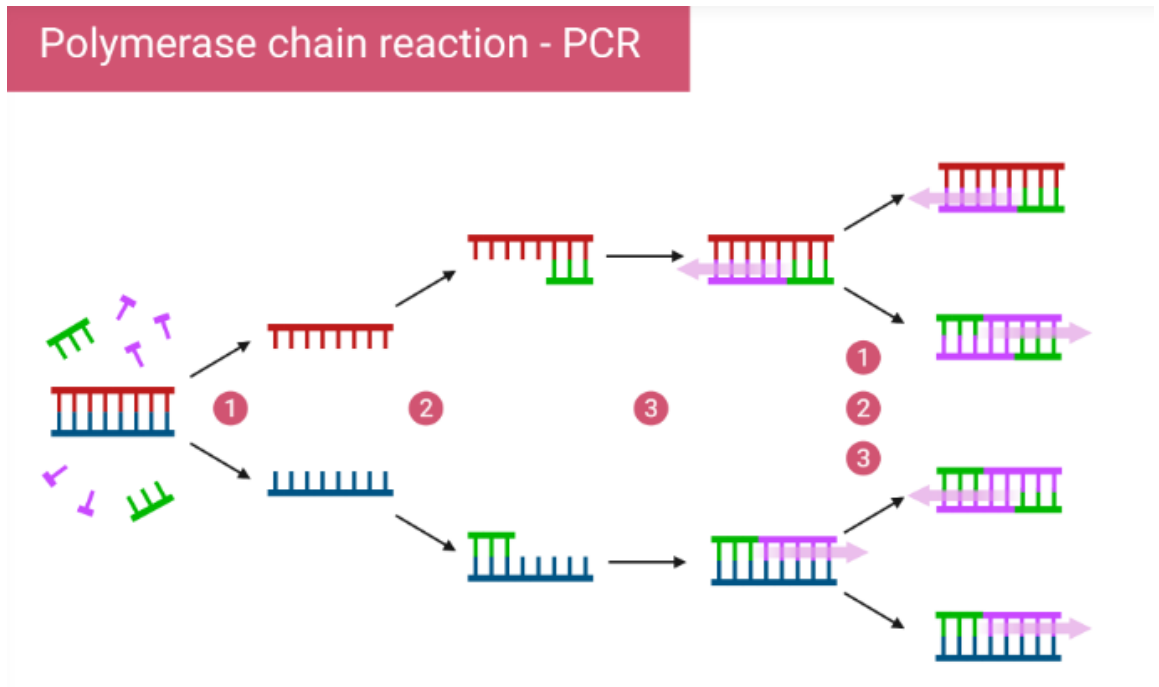


Figura 4 – Funcionamento do processo de PCR. Fonte: BioRender. Templates.Polymerase Chain Reaction (PCR) [Internet – acesso em 12 out. 2025]. 2025.

5.3 Avanços tecnológicos recentes e o uso da Inteligência Artificial aplicada às Ciências Forenses

A atual sociedade do século XXI vivencia uma era marcada pela ascensão da inteligência artificial, que vem conquistando espaço em diversos setores. Esse avanço tecnológico, entretanto, não deve ser compreendido apenas como uma forma de acelerar a resolução de problemas ou substituir o trabalho humano, mas sim como uma ferramenta complementar capaz de potencializar a atuação das pessoas. A Inteligência Artificial (IA) se apresenta como um “cérebro auxiliar”, contribuindo desde tarefas cotidianas, como recomendações personalizadas em ambientes domésticos, até em processos complexos, como a investigação e resolução de crimes de difícil elucidação. Nesse contexto, torna-se essencial estabelecer diretrizes e regulamentações claras para seu uso, garantindo que o ser humano permaneça como protagonista das decisões e que a inteligência artificial atue como um instrumento de apoio, aprimorando e ampliando as capacidades humanas.²⁴

Dessa maneira, a IA tem se desenvolvido de forma exponencial, acompanhada de outras tecnologias como o *Big Data*, que se refere ao processamento e à análise de grandes volumes de informações em alta velocidade, permitindo identificar padrões e correlações que seriam impossíveis de observar manualmente; como o *Analytics*, que envolve o uso de ferramentas estatísticas e computacionais para interpretação de dados, gerando *insights* relevantes e auxiliando na tomada de decisões baseadas em evidências; e até mesmo o *Machine Learning*, que por sua vez, consiste em um ramo da IA que possibilita que sistemas computacionais “aprendam” com dados anteriores, aperfeiçoando seu desempenho sem necessidade de reprogramação direta, esse método é amplamente utilizado em *softwares* forenses modernos, como os de reconhecimento facial, comparação biométrica e reconstrução digital, tornando o processo investigativo mais rápido, preciso e confiável.²⁴

Conforme mencionado por Pollitt (2010), a investigação criminal contemporânea já não se restringe a um processo linear de coleta e análise de evidências, mas evoluiu para um sistema integrado de organização e correlação de informações. Essa transformação exige uma abordagem multidisciplinar por parte dos especialistas, que devem lidar com grandes volumes de dados provenientes de diferentes fontes e identificar relações complexas entre eles. Nesse contexto, as investigações de grande porte tornaram-se mais demoradas e desafiadoras, o que evidencia a necessidade de incorporar a inteligência artificial e suas inovações tecnológicas como ferramentas de apoio. A aplicação da IA nesse processo tem se mostrado essencial para aumentar a agilidade, a precisão e a eficiência das análises, permitindo que as forças periciais e investigativas tomem decisões mais rápidas e embasadas.²⁴

Uma das formas mais impactantes pelas quais a inteligência artificial vem revolucionando a investigação criminal é por meio da análise automatizada de grandes volumes de dados. Nas investigações modernas, há uma imensa quantidade de informações a serem examinadas, como fotografias, depoimentos, registros odontológicos, bancos genéticos, registros telefônicos, vídeos e publicações em redes sociais. As análises manuais desses materiais tendem a ser um processo demorado e sujeito a falhas humanas, o que pode comprometer a eficiência e a precisão das investigações. Por outro lado, a IA é capaz de processar e cruzar essas informações em alta velocidade, identificando padrões, correlações e conexões que poderiam passar despercebidos por analistas humanos. Essa capacidade de aprendizado e

interpretação de dados complexos tem tornado o trabalho pericial mais ágil, preciso e confiável, consolidando a inteligência artificial como uma aliada indispensável nas ciências forenses contemporâneas.²⁴

Os algoritmos de inteligência artificial podem ser aplicados na análise automatizada de fotografias provenientes de cenas de crime, permitindo a identificação e a classificação de diferentes tipos de evidências de forma precisa. Entre os elementos que podem ser reconhecidos estão manchas de sangue, estojos e cartuchos de armas de fogo, padrões de pegadas, impressões digitais e até o reconhecimento facial de possíveis suspeitos ou vítimas. Esses sistemas utilizam técnicas de visão computacional e redes neurais convolucionais capazes de detectar detalhes visuais sutis que, muitas vezes, passariam despercebidos na análise humana. Dessa forma, contribui significativamente para reduzir erros manuais e aumentar a eficiência das análises periciais.²⁴

Além disso, a inteligência artificial demonstra elevada capacidade para a análise de textos e comunicações eletrônicas, como mensagens de texto, e-mails e publicações em redes sociais. Essa análise utiliza técnicas de processamento de linguagem natural (PLN), que permitem a extração automática de entidades, tópicos, sentimentos e padrões comunicacionais, auxiliando na identificação de ameaças, coordenações criminosas ou comportamentos suspeitos. Paralelamente, a IA apoia a perícia em dispositivos eletrônicos, como computadores e telefones celulares, por meio de ferramentas de investigação digital que automatizam a recuperação, triagem e classificação de arquivos, históricos de navegação e registros de comunicações, otimizando a descoberta de evidências relevantes. Ademais, algoritmos de fusão de dados e modelagem computacional possibilitam a simulação e reconstrução de cenas de crime a partir de fontes heterogêneas (registros de localização, imagens, evidências físicas e depoimentos), produzindo representações digitais e gráficas que auxiliam peritos e equipes investigativas na interpretação e apresentação dos fatos.²⁴

Atualmente, ainda não existem leis específicas que regulamentem o uso da inteligência artificial nas investigações criminais, especialmente no que diz respeito à celeridade dos processos e à proteção dos dados pessoais. No entanto, tramita no Congresso Nacional o **Projeto de Lei nº 2338, de 2023**, que dispõe sobre o uso e o desenvolvimento responsável da Inteligência Artificial no Brasil. Esse projeto busca equilibrar a inovação tecnológica com a proteção dos direitos e das liberdades

fundamentais, promovendo um ambiente seguro e ético para a aplicação dessas tecnologias. Dessa maneira, pode-se citar os artigos 1º e 2º Inciso VI, IX:²⁴

Art. 1º Esta Lei estabelece normas gerais de caráter nacional para o desenvolvimento, implementação e uso responsável de sistemas de inteligência artificial (IA) no Brasil, visando proteger os direitos fundamentais e garantir a implementação de sistemas seguros e confiáveis, em benefício da pessoa humana, do regime democrático e do desenvolvimento científico e tecnológico.²⁴

[..]

Art. 2º O desenvolvimento, a implementação e o uso de sistemas de inteligência artificial no Brasil têm como fundamentos:

[...]

VI – o desenvolvimento tecnológico e a inovação [...]

IX – a promoção da pesquisa e do desenvolvimento com a finalidade de estimular a inovação nos setores produtivos e no poder público.²⁴

Dessa maneira, observa-se que a inserção da inteligência artificial na área forense, deve ocorrer de forma gradual, ética e supervisionada, garantindo que os princípios estabelecidos pela legislação sejam efetivamente cumpridos, e a tecnologia seja aplicada com responsabilidade, fortalecendo o trabalho pericial. Essa integração entre ciência, tecnologia e legislação reforça o compromisso com a justiça e o respeito à dignidade humana, pilares fundamentais da perícia moderna.²⁵

5.4. Perspectivas futuras

As perspectivas futuras do uso da inteligência artificial na área forense apontam para uma integração ainda mais profunda com a tecnologia, espera-se que a IA atue de forma crescente na previsão de padrões criminais e na análise comportamental preditiva, utilizando algoritmos capazes de identificar tendências e anomalias em grandes bancos de dados. Essa abordagem poderá auxiliar autoridades na prevenção de crimes e na gestão de riscos sociais, sempre respeitando os limites éticos e legais de privacidade e direitos humanos. Na odontologia forense, especificamente, prevê-se o desenvolvimento de sistemas capazes de reconstruir rostos com base em exames odontológicos e tomografias, permitindo a identificação de vítimas com elevado grau de precisão.^{26, 27}

Outra perspectiva relevante é a criação de bancos de dados forenses integrados internacionalmente, nos quais a IA será responsável por correlacionar automaticamente perfis genéticos, odontológicos e biométricos em diferentes países. Essa interoperabilidade poderá fortalecer a cooperação científica e policial global, contribuindo para a elucidação de crimes transnacionais e desastres em massa. Entretanto, tais avanços exigem regulamentações claras, protocolos éticos rigorosos e a capacitação constante dos profissionais que atuarão com essas ferramentas. Dessa forma, o futuro da IA na área forense tende a consolidar-se como um marco da chamada justiça digital, unindo inovação tecnológica, precisão científica e responsabilidade social.²⁸

6 CONCLUSÃO

A identificação humana constitui um dos pilares fundamentais das ciências forenses, sendo essencial para a elucidação de crimes, reconhecimento de vítimas e garantia da justiça. Ao longo das últimas décadas, as técnicas tradicionais, como a análise odontológica, antropológica e genética, evoluíram significativamente, mas foi com a introdução da inteligência artificial (IA) que a perícia forense passou a alcançar novos patamares de precisão e eficiência. A aplicação de algoritmos inteligentes, *softwares* de reconhecimento biométrico e sistemas de análise automatizada de dados tem possibilitado investigações mais rápidas, seguras e integradas, reduzindo erros e otimizando a tomada de decisões.

A odontologia e a antropologia forense, em especial, foram profundamente impactadas por esses avanços, tornando-se uma área estratégica para a identificação de vítimas em casos complexos. A incorporação de tecnologias como *machine learning*, visão computacional e reconstrução facial 3D tem permitido resultados antes inalcançáveis, demonstrando o potencial da IA como ferramenta complementar e não substitutiva da atuação pericial. Além disso, o desenvolvimento de bancos de dados digitais e a integração com sistemas genéticos internacionais reforçam o papel da tecnologia na promoção de uma ciência forense global, colaborativa e moderna.

Entretanto, tais avanços trazem também desafios éticos e legais que exigem atenção. O Projeto de Lei nº 2.338/2023, que regulamenta o uso da inteligência artificial no Brasil, representando um marco importante para assegurar que o progresso tecnológico caminhe lado a lado com a proteção dos direitos humanos, a transparência e a segurança de dados pessoais. Assim, conclui-se que o futuro da identificação cadavérica nas Ciências Forenses dependerá da convergência entre inovação tecnológica, capacitação profissional e responsabilidade ética, garantindo que a IA seja utilizada como um instrumento de apoio à verdade científica e à dignidade humana.

REFERÊNCIAS

- 1 Mesejo P, Martos R, Ibáñez O, Novo J, Ortega M. A survey on artificial intelligence techniques for biomedical image analysis in skeleton-based forensic human identification. 2020; 10(14): 4703;
- 2 Ribeiro L, Santos T, Antunes G, Lima V. Fluxo de registro de mortes violentas em uma perspectiva comparada. 4th ed. Recife: Pensando a Segurança Pública; 2014;
- 3 Ferreira MT, Cunha E. A decomposição cadavérica e as dificuldades de gestão dos espaços funerários. 30th ed. Coimbra: Antropologia Portuguesa; 2014;
- 4 Crematórios do Rio. O que é decomposição do corpo falecido? Conheça as 5 fases [Internet]. Rio de Janeiro: Crematórios do Rio; 2025. Disponível em: <https://crematoriosdorio.com.br/o-que-e-decomposicao-do-corpo/> (acessado em 10 mai. 2025);
- 5 Ferreira MTS. Para lá da morte: estudo tafonómico de decomposição cadavérica e da degradação óssea e implicações na estimativa do intervalo pós-morte [tese de doutorado]. Coimbra: Universidade de Coimbra; 2013;
- 6 Dantas MH, Costa AL. Antropologia forense: identificação humana e estimativas biológicas. 2nd ed. São Paulo; 2020;
- 7 Vital GL, Quezado LHN, Souza CM. A necropapiloscopia e o DNA como ferramentas de identificação humana post mortem: uma revisão integrativa. *Rev Bras Criminol.* 2023;
- 8 Delgado SM, Mariotti KC. Métodos de identificação post mortem em necropapiloscopia forense: revisão de literatura. *Rev Bras Ciênc Policiais.* 2020;
- 9 Pereira AL, Nascimento NCD, Borges KFL, Souza CM, Magioni MGLK, Baggieri BR. Inteligência artificial como ferramenta para identificação humana em odontologia legal. *Braz J Prod Eng.* 2019;5;

- 10 Souza DRM, Cunha JO. Tanatologia Forense. In: Coletânea de Medicina Legal. Curitiba: Juruá; 2016. p. 49-68;
- 11 França GV. Medicina legal. 10ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2015;
- 12 Bertillon A. Signalétique anthropométrique. Paris: G. Masson; 1893;
- 13 Bertillon A. *Identification anthropométrique*. Paris: Gauthier-Villars; 1893;
- 14 Olsen RD. A fingerprint fable: The Will and William West case. *Identification News*. 1987 Nov;1(3):1-6;
- 15 Souza, R. F.; Oliveira, M. A. Antropologia forense e as novas tecnologias aplicadas à identificação humana. *Revista Brasileira de Criminalística*, v. 11, n. 2, p. 45-56, 2024.
- 16 Torres A. Papiloscópica: a ciência das impressões digitais. Perita Judicial Aline Torres [Internet]. São Paulo; 2025;
- 17 Galton F. *Finger Prints*. London: Macmillan; 1892;
- 18 Vucetich J. *Dactiloscopia comparada*. La Plata: Taller de Impresiones Oficiales; 1904;
- 19 Stow J. Fingerprint identification. In: Siegel JA, Saukko PJ, editors. *Encyclopedia of forensic sciences*. 2nd ed. London: Academic Press; 2013. p. 326-32;
- 20 Bossois L de M. O AFIS e o SINPA: Um passaporte seguro, Identificação como Prova para o Poder Judiciário. *Rev Bras Cienc Polic*. 2020;2(1):103-24.
- 21 Trevisol S, Tiecher C, Coelho AM, Loureiro MA, Thiel RR, Ehrhardt A. Odontologia forense: sua importância e meios de identificação post mortem. *Rev Bras Crimin*. 2021;10(1):17-21.

22 Amabis JM, Martho GR. Fundamentos da biologia moderna. São Paulo: Moderna; 1995.

23 Dolinsky LC, Pereira LMCV. DNA forense: artigo de revisão. Saúde & Ambiente em Revista. 2007;2(2):11–22. Universidade do Grande Rio – Unigranrio, Duque de Caxias.

24 Souza LCL, Ribeiro LA, Ferreira RLG. Inteligência artificial: o futuro da investigação criminal. *Rev Humanidades*. 2024;1–7.

25 Brasil. Projeto de Lei nº 2.338, de 2023. Dispõe sobre o uso da Inteligência Artificial e dá outras providências. Brasília (DF): Senado Federal; 2023.

26 Kumar A, Patel N, Singh R. Artificial intelligence in predictive forensics: trends and ethical challenges. *J Forensic Res*. 2022;13(4):221–30.

27 Damas S, Ferreira J, Oliveira JL. Computer vision and AI for human identification in forensic odontology. *Forensic Sci Int Digit Investig*. 2023;45:302–11.

28 Brasil. Projeto de Lei nº 2.338, de 2023. Dispõe sobre o uso da Inteligência Artificial e dá outras providências. Brasília (DF): Senado Federal; 2023.

28 Yang J, Rocha A. A inteligência artificial e os desafios da ciência forense digital no século XXI. *Estudos Avançados*. 2021;35(101):1-20.