



O USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CONTEXTO DE IDENTIFICAÇÃO DE VÍTIMAS DESCONHECIDAS POR MEIO DA ODONTOLOGIA FORENSE: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

The use of artificial intelligence in the context of identifying unknown victims through forensic dentistry: an integrative review

El uso de la inteligencia artificial en el contexto de la identificación de víctimas desconocidas mediante la odontología forense: una revisión integrativa

Vanuel Alberto Sanca^{1*}, Maria Sarony Araújo Silva², Ulysses de Toledo Monteiro³,
Mônica Aparecida Franceschini⁴, Sergio Roberto Peres Line⁵, João Sarmento Pereira Neto⁶,
Eduardo Daruge Júnior⁷, & Luiz Franceschini Júnior⁸

¹³⁴⁵⁶⁷⁸ Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba ² Faculdade Ieducare, FIED
^{1*} v272359@dac.unicamp.br ² sarony1513@gmail.com ³ u225019@dac.unicamp.br ⁴ monicafrances114@gmail.com
⁵ serglin@unicamp.br ⁶ sarmiento@unicamp.br ⁷ darugejr@fop.unicamp.br ⁸ francesq@unicamp.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 19.09.2025

Aprovado: 20.06.2026

Disponibilizado: 16.09.2026

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Imagem Forense; Antropologia Forense.

KEYWORDS: Artificial Intelligence; Forensic Imaging; Forensic Anthropology.

PALABRAS CLAVE: Inteligencia Artificial; Imagen forense; Antropología Forense.

*Autor Correspondente: Sanca, V. A.

RESUMO

Desde a promulgação da Lei nº 5.081/66, a Odontologia Forense tem se dedicado à identificação humana nas diferentes fases tanatológicas. Iniciando-se por estudos antropométricos (idade, sexo, afinidade populacional e estatura), é possível realizar a aproximação facial para a localização de familiares, os quais podem fornecer dados genéticos e odontológicos. Com o progresso tecnológico, a inteligência artificial (IA) emergiu como uma ferramenta inovadora. Esta revisão integrativa avaliou os benefícios, as limitações e as implicações forenses da IA na Odontologia Forense, destacando suas aplicações atuais e futuras. Foram selecionados 26 artigos publicados entre 2019 e 2026, extraídos das bases PubMed, Portal de Periódicos CAPES, Scopus, Embase e Google Acadêmico. A IA demonstrou utilidade em análises anatômicas, identificação por marcas de mordida, reconstruções 3D, morfologia facial e estimativas de sexo e idade. Verificou-se que os sistemas baseados em IA apresentam precisão comparável ou superior à de especialistas humanos, reduzindo a subjetividade e aumentando a eficiência nos processos de identificação.

ABSTRACT

Since the enactment of Law No. 5,081/66, Forensic Dentistry has been dedicated to human identification across different thanatological phases. Beginning with anthropometric studies (age, sex, population affinity, and stature), it is possible to perform facial approximation to

locate relatives, who may provide genetic and dental data. With technological progress, artificial intelligence (AI) has emerged as an innovative tool. This integrative review evaluated the benefits, limitations, and forensic implications of AI in Forensic Dentistry, highlighting its current and future applications. A total of 26 articles published between 2019 and 2026 were selected from the databases PubMed, CAPES Periodicals Portal, Scopus, Embase, and Google Scholar. AI demonstrated utility in anatomical analyses, bite mark identification, 3D reconstructions, facial morphology, and sex and age estimation. It was observed that AI-based systems present accuracy comparable to or higher than that of human experts, reducing subjectivity and increasing efficiency in identification processes.

RESUMEN

Desde la promulgación de la Ley n.º 5.081/66, la Odontología Forense se ha dedicado a la identificación humana en las diferentes fases tanatológicas. Iniciando con estudios antropométricos (edad, sexo, afinidad poblacional y estatura), es posible realizar la aproximación facial para la localización de familiares, quienes pueden aportar datos genéticos y odontológicos. Con el avance tecnológico, la inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta innovadora. Esta revisión integradora evaluó los beneficios, las limitaciones y las implicaciones forenses de la IA en la Odontología Forense, destacando sus aplicaciones actuales y futuras. Se seleccionaron 26 artículos publicados entre 2019 y 2026, extraídos de las bases de datos PubMed, Portal de Periódicos CAPES, Scopus, Embase y Google Académico. La IA demostró utilidad en análisis anatómicos, identificación por marcas de mordedura, reconstrucciones 3D, morfología facial y estimación de sexo y edad. Se observó que los sistemas basados en IA presentan una precisión comparable o superior a la de los expertos humanos, reduciendo la subjetividad y aumentando la eficiencia en los procesos de identificación.

INTRODUÇÃO

A Odontologia Forense (OF) pode ser compreendida como o ramo responsável, principalmente, pela identificação de indivíduos por meio da avaliação das estruturas da cavidade oral, sobretudo dos maxilares e dos dentes (Khanagar et al., 2021). Sendo que a Lei nº 5.801 (Brasil, 1966), que regulamenta o exercício da odontologia no Brasil, em seu artigo 6º, salienta que compete ao cirurgião-dentista, no processo de identificação, a análise de evidências odontológicas em casos de perícia em foro cível, trabalhista, criminal e administrativo, bem como nos casos de necropsia relacionados às vias de acesso da cabeça e do pescoço, nas diferentes fases tanatológicas (Pereira et al., 2019).

No campo criminal, a OF é utilizada para identificar o indivíduo a partir de restos mortais por meio da análise de registros dentários (obtidos antes e após a morte, diretamente das arcadas) em cenas de crimes (homicídios, estupros, suicídios, agressões, entre outras), utilizando procedimentos como análise de marcas de mordidas, rugoscopia palatina, queiloscopia, entre outros. Destaca-se ainda que podem ser observadas lesões físicas (casos de violência doméstica, carbonização, estágios avançados de decomposição, mutilações, esqueletizados, entre outros). Já na esfera civil, a OF ocupa-se de projetos de grande escala, desastres naturais ou ambientais (tsunamis, deslizamentos de terra, inundações, terremotos, avalanches, entre outros) e desastres provocados/produzidos pela ação do homem (acidentes ferroviários, automobilísticos, aviatórios, explosões de bombas, sabotagens, entre outros) que geram vítimas com diferentes graus de comprometimento físico. O campo de investigação é utilizado para a formação de profissionais de saúde, médicos e cirurgiões-dentistas (Mohammad et al., 2022; Anees et al., 2024).

Mohammad et al. (2022) e Anees et al. (2024) destacaram que existem estudos na OF que utilizam Inteligência Artificial (IA) para estimar a estatura, a idade, o sexo e a afinidade populacional por meio de análise comparativa dos exames radiológicos *ante* e *post mortem*, visando produzir provas odontológicas forenses que podem ser utilizadas pelas autoridades policiais e/ou judiciais para identificação de vítimas desconhecidas.

A identificação humana pode ser segmentada em duas etapas distintas: a primeira corresponde à aproximação facial forense (AFF), e a segunda, à comparação. O processo da AFF inicia-se com a fase reconstitutiva, na qual se procede ao estabelecimento do perfil biológico básico (idade, estatura, afinidade populacional e sexo) de um cadáver não identificado, por meio da obtenção de dados *post mortem* (Palmela et al., 2025). Ressaltaram ainda os autores que a fase comparativa visa à combinação dos registros *post* e *ante mortem* das vítimas desconhecidas, com o objetivo de obter uma identificação positiva (análises datiloscópicas, análises dentárias e/ou análise do DNA). Eles indicaram também que, no caso odontológico, a identificação positiva corresponde à atribuição de uma identidade ao cadáver, pois os dentes são as estruturas mais duráveis e resistentes à degradação do organismo (Palmela et al., 2025).

No âmbito da identificação, a Organização Internacional de Polícia Criminal (INTERPOL) dividiu os métodos em: primários (análises da impressão digital, dos arcos dentários e do DNA) e secundários (antropologia forense utilizada para auxiliar no processo de identificação, permitindo estimar características como idade, afinidade populacional, sexo, estatura,

aproximação facial, dentre outras) (Machado et al., 2022; Anees et al., 2024; Franco et al., 2024; Palmela et al., 2025).

A metodologia primária que utiliza a análise dos dentes confere a cada indivíduo uma identidade com características únicas, tais como morfologia dentária, diferenças de tamanho, forma, número de cúspides, cor, restaurações dentárias, processo patológicos, padrões de desgaste, más oclusões, outras anomalias dentárias distintas, posição dos arcos dentários, entre outras (Machado et al., 2022; Thurzo et al., 2022; Franco et al., 2024).

Inteligência Artificial

Além de ser um campo em rápida evolução, a IA constitui um tópico altamente emergente na sociedade atual, uma vez que atua no desenvolvimento de sistemas com a capacidade de executar tarefas que exigem inteligência de nível humano, como o reconhecimento de padrões, auxiliando os profissionais durante o processo de identificação humana, aumentando a velocidade e a precisão do processo e, por conseguinte, alcançando resultados mais fidedignos e eficientes (Palmela et al., 2025).

Entre as principais aplicações de IA na OF, destacam-se a aproximação facial (reconstituição facial), a estimativa de idade e sexo, a antropologia dentária, a comparação de radiografias odontológicas, o registro dentário de uma pessoa desconhecida, com registro de vítimas conhecidas ou suspeitos, entre outras. Com base em dados entomológicos, também é possível identificar padrões e características específicas, como marcas de mordida, que podem ser utilizadas para eliminar possíveis suspeitos, impressão tridimensional (3D), identificação pessoal, uso do DNA e estimativa do intervalo *post mortem* (Pereira et al., 2019; Anees et al., 2024). Diante desses fatos, é imperativo constatar que a utilização da IA vai, de fato, diversificar ou complementar e expandir soluções previamente conhecida para os problemas forenses (Galante et al., 2023).

Os algoritmos de IA oferecem uma solução rápida e reprodutível para o problema da estimativa do sexo (Bewes et al., 2019). As redes neurais artificiais (*artificial neural networks*, ou ANNs) e de aprendizagem profunda (*deep learning*, ou DL) constituem um subtipo de IA fundamentado em modelo matemático, que teve origem na ciência da computação e foi inspirado na arquitetura do cérebro humano (Bewes et al., 2019; Patil et al., 2020). Assim, consistem em múltiplas camadas de “neurônios” interligados, capazes de analisar diferentes partes de uma imagem de forma independente. Posteriormente, essas informações são integradas, permitindo a geração de probabilidades associadas à classificação da imagem em categorias predefinidas, o que viabiliza sua aplicação na estimativa do sexo (Bewes et al., 2019).

Destaca-se, ainda, que as abordagens de IA, em particular, as redes neurais de aprendizado profundo, podem ser capacitadas para realizar a estimativa do sexo a partir de estruturas esqueléticas (em crânios e/ou em imagens de tomografias computadorizadas). Essas redes têm alta precisão na distinção entre imagens cranianas com precisão, com base no sexo biológico (Bewes et al., 2019). O principal benefício dos algoritmos de IA é que eles fornecem um raciocínio fundamentado que pode ser utilizado na tomada de decisões clínicas e virtuais para resolver tarefas complexas de forma independente ou com mínima intervenção humana (Khanagar et al., 2021; Mohmmad et al., 2022). Nesse contexto, a IA atua como um campo

mais amplo, integrando uma variedade de abordagens e procedimentos destinados a capacitar a máquina de inteligência e permitindo a realização de operações, que geralmente envolvem inteligência humana, como o reconhecimento de fala, o processamento de linguagem natural, a análise de dados, a percepção visual e a tomada de decisão. Além disso, a IA pode proporcionar ao ser humano uma melhor visão do trabalho, minimizando possíveis erros e o tempo de prestação de serviços (Pereira et al., 2019; Chamberlain et al., 2023; Anees et al., 2024).

No âmbito da OF, o *scanner* intraoral (SI) pode ser utilizado para digitalizar relevos de marcas de mordida não cutâneas, bem como para registrar a dentição de um suspeito. Em seguida, *softwares* de IA de processamento de pontos 3D podem comparar esses dois objetos, utilizando algoritmos de correspondência que auxiliam na identificação de características únicas, como padrões de dentes ausentes, anomalias e restaurações dentárias, facilitando o processo de identificação (Pereira et al., 2019; Fournier et al., 2020). A cavidade oral constitui uma fonte significativa de informações relevantes para a identificação em contextos legais. Suas estruturas apresentam elevada resistência a condições forenses adversas, como sepultamento, exposição a agentes químicos, incineração, mutilações, entre outras (Corte-Real et al., 2024).

A aproximação facial por meio de tomografia computadorizada convencional (TCC) fornece imagens 3D precisas, demonstrando confiabilidade como ferramenta forense. Essa abordagem é destinada à reconstrução de padrões dentários em casos que apresentam comprometimentos decorrentes da destruição morfológica dos tecidos (Thurzo et al., 2022).

A utilização de algoritmos de redes neurais convolucionais tridimensionais (3D CNN), a partir de diferentes tipos de dados de entrada, como fotografias, radiografias, SI, TCC e tomografia computadorizada de feixe cônico (*cone beam computed tomography*, ou TCFC/CBCT), em formato de comunicação de imagens digitais em medicina (*digital imaging and communications in medicine*, ou DICOM), amplia significativamente as possibilidades na OF.

A IA tem sido aplicada em áreas que envolvem aspectos morfológicos, como a estimativa de idade, sexo e afinidade populacional, esta última com base na antropologia dentária. Seu uso demonstra elevado grau de automação, precisão e confiabilidade, especialmente na sobreposição de imagens obtidas pela integração de dados de SI e TCFC, na análise cefalométrica 3D de tecidos moles e duros, na aproximação facial, permitindo prever a morfologia 3D da face a partir do crânio e vice-versa, na busca por detecção de danos ocultos em imagens de tomografia computadorizada de alta resolução *post mortem* e na avaliação de assimetrias e desproporcionalidades.

Também é possível prever a morfologia facial de vítimas desconhecidas, o crescimento de tecidos duros e moles e o envelhecimento facial, além de analisar proporções faciais ideais, incluindo aquelas baseadas na proporção áurea. Além disso, é possível fazer reconstrução 3D de padrões dentários para a identificação de restos mortais humanos, a reconstituição de partes ausentes do crânio ou da face, a análise 3D de marcas de mordida e a comparação entre impressões digitais dentárias em 3D e registros dentários bidimensionais (2D).

O crescimento exponencial das tecnologias digitais na área da saúde evidencia importantes lacunas na aplicação da IA na OF, especialmente no que se refere à ausência de padronização,

sistematização e consenso metodológico. Além disso, ainda são escassas as pesquisas que abordam, de forma específica, os usos práticos da IA na identificação de vítimas desconhecidas. As revisões sistemáticas, narrativas e de escopo disponíveis neste estudo apresentam limitações substanciais, incluindo heterogeneidade metodológica, baixa qualidade das evidências, ausência de validação externa, falta de padronização dos conjuntos de dados (*datasets*) e insuficiente avaliação comparativa entre algoritmos de IA.

Poucas revisões contemplam a análise de vieses algorítmicos, enquanto o foco empírico permanece restrito, e o contexto geográfico, limitado, uma vez que raramente são discutidas as diferenças regulatórias e periciais entre países. De forma convergente, revisões baseadas em meta-análises são frequentemente inviabilizadas pela elevada heterogeneidade dos estudos incluídos, enquanto os estudos experimentais e comparativos apresentam fragilidades metodológicas significativas. Além disso, os estudos retrospectivos carecem de representatividade, e os estudos originais são limitados pela ausência de padronização, pela escassez de validação externa e pela insuficiência de rigor operacional. Além disso, aspectos relacionados à interpretabilidade dos modelos e à admissibilidade legal de suas aplicações permanecem pouco explorados.

Diante desse cenário, a presente revisão propõe avançar por meio de uma síntese transversal inédita, promovendo a integração de temas frequentemente abordados de forma isolada, como as diferentes técnicas de IA, além de identificar fragilidades recorrentes e propor abordagens metodológicas mais robustas para futuras pesquisas na interface entre a IA e a OF. Busca-se, ainda, a construção de um mapeamento das lacunas metodológicas, a avaliação rigorosa da qualidade das publicações e a análise crítica da diversidade geográfica e dos vieses envolvidos, bem como a contribuição direta para o aprimoramento das práticas de identificação de vítimas de desastres (*disaster victim identification*, ou DVI).

Considerando o contexto brasileiro, observa-se um cenário caracterizado pela carência de recursos tecnológicos, pela ausência de bancos de dados estruturados e por limitações na formação pericial e na agilidade na coleta de informações. Diante desse contexto, evidencia-se a necessidade da presente revisão, que tem como objetivo sintetizar o conhecimento atual sobre o uso da IA, apresentando um panorama abrangente e atualizado sobre o tema. Busca-se, ainda, integrar resultados de diferentes estudos a fim de responder a questões de investigação relacionadas à identificação de vítimas desconhecidas, contribuindo para fundamentar a prática profissional, a aplicabilidade clínica e a tomada de decisão em diversas áreas da saúde, especialmente na OF. Nesse sentido, o presente estudo visa preencher essa lacuna ao fornecer uma revisão integrativa das evidências disponíveis sobre as aplicações, limitações e implicações da IA na OF contemporânea, destacando suas aplicações atuais e perspectivas futuras na identificação de vítimas desconhecidas, contribuindo para a melhoria da qualidade dos serviços e dos cuidados em saúde.

METODOLOGIA

Consiste em uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa, que abrange pesquisas sobre a aplicabilidade da IA na OF, contemplando diferentes delineamentos metodológicos. Essa abordagem permite a síntese e a análise de estudos com diferentes naturezas (qualitativas, quantitativas e teóricas), proporcionando uma visão abrangente do conhecimento atual sobre o tema. A escolha das Bases de Dados (BD) utilizadas pretende que

a literatura seja distribuída em diversos periódicos e plataformas, justificando a necessidade de utilização de múltiplas BD para garantir abrangência. Reforçada por revisões precedentes, mesmo as consideradas amplas, ao relatar heterogeneidade e baixo número de estudos primários, indicando que buscas limitadas tendem a reproduzir mesmas fragilidades. Assim, posiciona-se como uma revisão integrativa com síntese crítica, permitindo a incorporação de diferentes tipos de estudos (sistemáticos, meta-análises, narrativos, de escopo, experimentais, retrospectivos, comparativos e originais), justamente porque a literatura existente demonstra fragmentação, inconsistência metodológica e ausência de padronização robusta.

Assim, as limitações inerentes ao protocolo utilizado e ao enquadramento metodológico do estudo são justificadas pelo próprio estado fragmentado e inconsistente do campo. A clareza na descrição dessas decisões fortalece a ancoragem metodológica do estudo e o diferencia de revisões anteriores, que frequentemente não justificam adequadamente suas escolhas e apresentam lacunas estruturais relevantes. Esse panorama evidencia de forma clara que a falta de padronização constitui uma das principais fragilidades do campo, reforçando a necessidade de justificativas metodológicas mais consistentes nas revisões científicas.

A busca pelos artigos foi realizada por meio de Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e *Medical Subject Headings* (MeSH), utilizando termos em português (“Inteligência Artificial”, “Imagem Forense” e “Antropologia Forense”) e em inglês (“*Artificial Intelligence*”, “*Forensic Imaging*” e “*Forensic Anthropology*”). Com as seguintes BD: PubMed Central® (National Library of Medicine EUA), Portal de Periódicos Capes, Scopus® (Elsevier), Embase® (Excerpta Medica Database) e Google Acadêmico® (Google).

Adotou-se estratégias de busca avançada em cada BD, empregando operadores booleanos (“AND” e “OR”) e filtros específicos para otimizar os resultados conforme necessário. Além disso, foram considerados estudos publicados nos últimos sete anos, com textos completos, bem como aqueles que abordavam segmentação automática e extração de características profundas (Tabela 1). Ainda, foram realizadas buscas manuais nos artigos selecionados, com o rastreamento de suas referências, que foram posteriormente analisadas e incluídas.

Tabela 1. Número de estudos identificados em cada base de dados

Base de Dados	Descritores Utilizados	Total
PubMed	((("Artificial Intelligence"[MeSH] OR "Machine Learning"[Title/Abstract] OR "Deep Learning"[Title/Abstract] OR "Neural Networks, Computer"[MeSH]) AND ("Forensic Imaging"[MeSH] OR "Diagnostic Imaging"[MeSH] OR "Forensic Medicine"[MeSH] OR "Forensic Radiology"[Title/Abstract] OR "Postmortem Imaging"[Title/Abstract] OR Virtopsy[Title/Abstract]) AND ("Forensic Identification"[MeSH] OR "Human Identification"[Title/Abstract] OR "Identification of Human Remains"[Title/Abstract])) AND ("2019/01/01"[Date - Publication] : "2026/03/31"[Date - Publication]))	22
Portal Periódicos CAPES	("Artificial Intelligence" OR "Machine Learning" OR "Deep Learning") AND ("Forensic Imaging" OR "Forensic Radiology" OR "Postmortem Imaging" OR "Diagnostic Imaging") AND ("Forensic Identification" OR "Human Identification")	11
Scopus	TITLE-ABS-KEY (("Artificial Intelligence" OR "Machine Learning" OR "Deep Learning" OR "Neural Networks") AND ("Forensic Imaging" OR "Forensic Radiology" OR "Postmortem Imaging" OR Virtopsy OR "Diagnostic Imaging") AND ("Forensic Identification" OR "Human Identification" OR "Identification of Human Remains")) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2026	31
Embase	('artificial intelligence'/exp OR 'machine learning' OR 'deep learning' OR 'neural network') AND ('forensic imaging'/exp OR 'diagnostic imaging'/exp OR 'forensic medicine'/exp OR 'forensic radiology' OR 'postmortem imaging' OR virtopsy) AND ('forensic identification'/exp OR 'human identification' OR 'identification of human remains') AND [2019-2026]/py	377
Google Acadêmico	"artificial intelligence" OR "machine learning" "forensic imaging" OR "forensic radiology" OR "postmortem imaging" "human identification"	387

Fonte: Autores (2026).

A busca contemplou estudos publicados entre janeiro de 2019 e março de 2026, abrangendo um período marcado por avanços significativos nas tecnologias de IA, incluindo o desenvolvimento de modelos generativos, discussões sobre confiabilidade científica e sua consolidação como ferramenta estratégica no campo da saúde. Foram incluídos estudos nos idiomas inglês e português, com prioridade para revisões sistemáticas, meta-análises, estudos experimentais e comparativos, revisões de literatura, estudos retrospectivos e revisões de escopo que abordassem aplicações da IA na OF, com o intuito de identificar boas práticas e contribuir para o avanço do conhecimento científico na área. O processo de busca e seleção dos artigos ocorreu entre novembro de 2024 e março de 2026. Todos os estudos encontrados em cada base de dados foram exportados para a plataforma [Rayyan QCRI](#), utilizada para a triagem e seleção dos trabalhos considerados pertinentes (Ouzzani et al., 2016). A leitura dos títulos e resumos, bem como a extração dos dados, foram realizadas por dois revisores independentes, utilizando variáveis qualitativas previamente definidas. A avaliação dos textos completos dos estudos selecionados foi conduzida por um terceiro revisor, responsável pela decisão final em caso de divergências.

A busca resultou em um total de 875 publicações identificadas. Desses registros, 51 artigos duplicados, com conteúdo idêntico ou muito semelhante, foram removidos por estarem indexados em mais de uma base de dados. Após a triagem dos títulos e resumos, 545 estudos foram excluídos por não apresentarem texto completo disponível, restando 279 artigos para a etapa de elegibilidade. Na análise de elegibilidade, 50 artigos foram excluídos por irrelevância ao tema, 145 por não utilizarem IA e 58 por serem anais de congressos. Ao final desse processo, 26 artigos atenderam aos critérios estabelecidos e foram incluídos na análise final. Os estudos selecionados abordam a aplicação da IA na OF. A escolha desses artigos para leitura integral justifica-se pelo caráter emergente da área, que apresenta uma base científica em expansão e tecnologias promissoras, embora ainda enfrente limitações metodológicas e desafios relacionados à validação, que restringem sua plena consolidação.

Os critérios de inclusão adotados foram: estudos que abordassem a aplicação de métodos digitais ou baseados em IA na OF, incluindo identificação humana, análise de marcas de mordida, reconstrução facial e estimativas de idade e sexo. Também foram incluídos trabalhos que apresentassem adequada qualidade de dados de imagem ou utilizassem conjuntos de dados provenientes de TCFC, ortopantomográficas, imagens panorâmicas, radiografias, fotografias, escaneamento intraoral, varredura 3D e análises cefalométricas associadas à OF. Além disso, consideraram-se publicações que descrevessem métricas de desempenho dos modelos, grau de validação dos métodos aplicados e aspectos médico-odontológicos legais relevantes, incluindo admissibilidade das evidências e salvaguardas éticas.

Os critérios de exclusão incluíram: publicações em idiomas diferentes do inglês e do português; estudos sem disponibilidade de texto completo; e trabalhos com títulos ou conteúdos irrelevantes, especialmente voltados a diagnósticos odontológicos sem relação com a OF ou sem aplicabilidade médico-odontológico legal. Também foram descartados anais de congressos sem detalhamento metodológico, estudos com dados incompletos ou sem relevância para a presente pesquisa e publicações que pudessem comprometer a consistência da análise. Além disso, excluiu-se pesquisas baseadas em imagens puramente experimentais, sem aplicação em contextos forenses, assim como estudos envolvendo exclusivamente

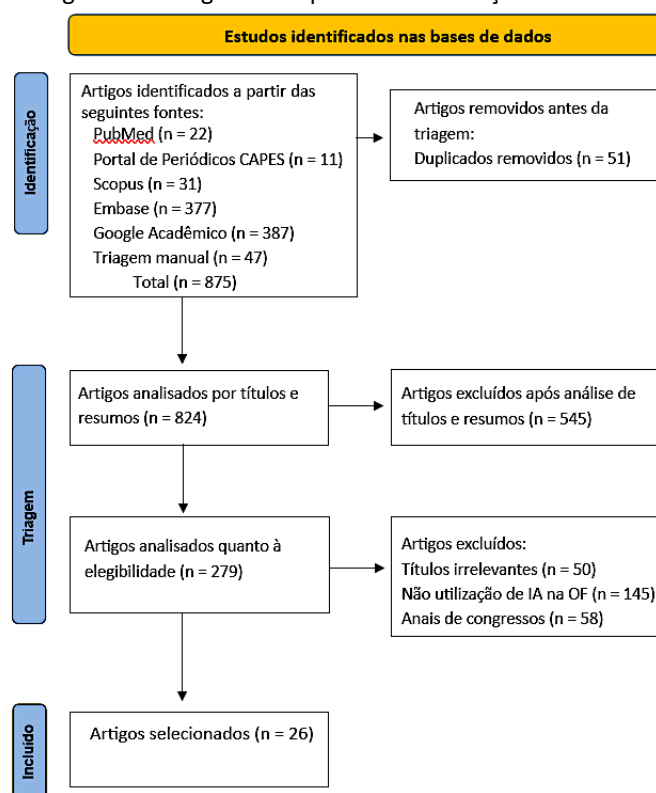
exames ortodônticos pediátricos, exceto quando seus resultados pudessem ser generalizados para fins de identificação forense. Por fim, foram não foram considerados artigos que não estabeleciam relação direta com o tema investigado ou que não utilizavam IA em OF.

O método de síntese e análise adotado neste estudo baseia-se na categorização temática (análise de conteúdo temática), na qual as informações são organizadas por similaridade em categorias, permitindo a identificação de padrões, temas emergentes, lacunas e possíveis contradições. Além disso, foi utilizada a matriz de evidências como estratégia de extração e síntese dos dados, possibilitando a visualização da produção científica e a comparação dos dados entre os estudos incluídos.

A avaliação do risco de viés dos estudos incluídos será realizada por meio da ferramenta Cochrane de avaliação de risco de viés, amplamente utilizada para analisar a qualidade metodológica de estudos primários (Sterne et al., 2019). Ademais, a qualidade metodológica dos estudos foi avaliada com os *checklists* do Joanna Briggs Institute (JBI), conforme o delineamento de cada pesquisa. Também foi empregada a ferramenta [Risk of Bias in Systematic Reviews \(ROBIS\)](#), com o apoio da plataforma Robvis, para a avaliação e visualização do risco de viés (McGuinness & Higgins, 2021; Costa & Maria, 2022). A utilização dessas ferramentas tem como finalidade minimizar vieses, aumentar a validade dos resultados e facilitar a comparação e a integração das evidências entre os estudos analisados.

Desse modo, os dados coletados foram submetidos a um processo de análise no Programa R para computação estatística (<https://www.r-project.org/>) e organizados na forma de gráficos, com o objetivo de atender aos propósitos da investigação. Essa abordagem possibilitou a inferência das contribuições dos diferentes autores sobre o tema em questão, apresentadas na forma de texto descritivo, quadro e figuras. Para facilitar a compreensão, foi elaborado um fluxograma no estilo PRISMA (Figura 1), com a finalidade de fornecer uma visão detalhada do processo de coleta e seleção dos dados.

Figura 1. Fluxograma do processo de seleção dos estudos



RESULTADOS

Evidenciou-se que a utilização da tecnologia de IA na OF tem sido amplamente aplicada em diferentes contextos e em larga escala, sendo fundamentados nas seguintes abordagens:

a) Sobreposição de imagens obtidas pela integração de dados provenientes do SI e da TCFC, possibilitando a avaliação da precisão da técnica na identificação de detalhes anatômicos.

No processo de sobreposição, a seleção das estruturas anatômicas presentes em ambos os arquivos digitalizados corresponde à identificação de referências anatômicas estáticas, com ênfase nas estruturas mineralizadas, como ossos, dentes e arcadas dentárias. Os dentes destacam-se como os principais indicadores, em virtude de sua elevada variabilidade anatômica (Corte-Real et al., 2024). Nesse contexto, realiza-se o escaneamento intrabucal por meio do SI, associado à obtenção de imagens por TCFC, permitindo a captura precisa das estruturas anatômicas. A partir da integração desses dados, procede-se à sobreposição das imagens no formato de linguagem de triângulos padrão (*standard triangle language*, ou STL). A sobreposição de imagens 3D provenientes do SI e da TCFC, no formato STL, configura-se como um método eficaz para a realização de correspondências e para a distinção entre casos compatíveis e não compatíveis (Corte-Real et al., 2024).

b) Análise 3D de marcas de mordida aplicada à identificação forense. As marcas de mordida são consideradas evidências forenses auxiliares em casos de agressão, homicídio com origem sexual, violação, abuso sexual e abuso infantil (Khanagar et al., 2021). Na OF, a análise dessas marcas constitui um dos métodos mais eficazes para excluir suspeitos, uma vez que os ferimentos causados pelos dentes na pele ou em outros tecidos apresentam padrões únicos e individualizados. Trata-se do tipo mais prevalente de prova odontológica apresentado em tribunais criminais como evidência odontológica (Mohammad et al., 2022).

Quando o perito se depara com uma marca de mordida, deve inicialmente determinar se ela foi causada por um ser humano ou por um animal, excluindo também a possibilidade de automutilação. Em seguida, ele precisa verificar a presença de equimoses e outras lesões, avaliando se a marca apresenta impressão de arco duplo. Por fim, é fundamental diagnosticar se a marca foi produzida em vida ou *post mortem* (Sousa, 2019).

Na perícia forense, a IA contribui para a detecção de fraudes em imagens, registros clínicos e documentos odontológicos. Sistemas de imagem 3D registram marcas de mordida e dentições suspeitas com precisão. Ainda, ferramentas como o MeshMixer processam pontos 3D para verificar compatibilidades e possíveis alterações, assegurando a integridade dos dados. Esse procedimento viabiliza a análise direta da marca de mordida, com medição exata de distâncias entre pontos de referência.

c) Reconstrução 3D de padrões dentários aplicada à identificação de restos mortais humanos

Os restos mortais podem ser identificados por meio da digitalização e da reconstrução 3D dos padrões dentários. A reconstrução digital em 3D, utilizando TCFC, microtomografia computadorizada (micro-CT) e métodos quimiométricos, fornece modelos 3D precisos. Nesse contexto, o *software* Phoenix datos|x CT, com o recurso de algoritmo de retroprojeção filtrada de Feldkamp, foi empregado para a reconstrução. Os conjuntos de dados 3D foram renderizados e segmentados por meio do programa VGStudio MAX 2.1, demonstrando a utilidade dessa abordagem como ferramenta forense confiável. Essa técnica permite a reconstrução das partes mais resistentes dos restos mortais humanos, especialmente os dentes, preservando suas modificações altamente específicas registradas nos históricos

odontológicos. Os padrões dentários refletem um arranjo espécie-específico de cada tipo de dente nos quadrantes da boca, servindo como referência única para identificação (Thurzo et al., 2022).

A utilização conjunta da tecnologia de reflexão total atenuada (ATR) com a espectroscopia infravermelha por transformada de Fourier (FTIR) constitui um dos pilares da nova abordagem forense híbrida e complexa empregada na reconstrução de padrões dentários. Diversos estudos que investigam alterações na química óssea têm recorrido à FTIR em combinação com métodos quimiométricos, permitindo análises mais detalhadas da composição mineral e orgânica dos dentes. Além disso, a integração de técnicas como TCFC, micro-CT, ATR e FTIR configura uma combinação tecnológica adequada para a realização de reconstruções morfológicas e quimiométricas precisas dos padrões dentários, fortalecendo sua aplicabilidade como ferramenta forense confiável (Thurzo et al., 2022).

d) Prever a morfologia facial de vítimas desconhecidas. A previsão dos tecidos moles a partir dos tecidos duros do crânio, e vice-versa, pode ser significativamente aprimorada por meio do desenvolvimento de sistemas de aprendizagem de máquina baseados em 3D CNN, utilizando modelos de redes adversariais generativas (GANs). Esses modelos permitem a síntese precisa de tecidos moles e duros, incorporando metadados adicionais, como idade, sexo e afinidade populacional. Os algoritmos avançados empregados na aproximação facial (reconstrução facial) a partir de crânios específicos têm aplicações forenses relevantes, auxiliando na identificação de restos esqueléticos quando informações adicionais não estão disponíveis. Além disso, a implementação de 3D CNN possibilita, de maneira controlada, melhorias guiadas na morfologia facial, oferecendo maior precisão na reconstrução do rosto das vítimas (Thurzo et al., 2021).

A IA pode integrar dados provenientes de diferentes fontes, como radiografias, imagens digitalizadas e registros clínicos, para auxiliar na identificação de vítimas em desastres de massa ou em casos de desaparecimento, apoiando sistemas automatizados, como o sistema INTERPOL (2023). No reconhecimento automático de arcadas dentárias, a IA permite comparar radiografias ou modelos dentários *ante* e *post mortem* com elevada precisão. Além disso, algoritmos de DL aplicados à análise de imagens, como radiografias panorâmicas ou tomografias, auxiliam na correspondência de dados odontológicos e na aproximação facial (reconstrução facial) 3D, utilizando informações craniofaciais para prever a aparência da pessoa em vida (Thurzo et al., 2021).

e) Estimativa de sexo. A estimativa do sexo por meio de IA utilizando redes convolucionais 3D profundas (*deep* 3D CNN) emprega funções de conversão de camadas e saídas de probabilidades de classe para processar ambos os sexos na análise cefalométrica 3D e na TCFC dos dentes, especialmente dos caninos (Thurzo et al., 2021). Em situações como acidentes, explosões químicas ou nucleares, desastres naturais, investigações criminais e estudos de afinidade populacional, a estimativa do sexo constitui uma etapa prioritária no processo de identificação forense. Essa análise é realizada por meio de características dentárias e cranianas, incluindo medidas lineares e angulares, entre outras. A OF contribui para a estimativa do sexo dos restos mortais, considerando que dentes masculinos e femininos apresentam diferenças em morfologia, tamanho da coroa e comprimento da raiz, enquanto o

crânio evidencia características sexuais diferenciadas (Daruge et al., 2019; Mohammad et al., 2022).

f) Estimativa de idade. A estimativa de idade em OF recorre a modelos preditivos baseados em IA e utiliza análise automatizada do desenvolvimento dentário, especialmente em crianças e jovens, com foco em mineralização dentária, erupção e rizogênese. Esse método emprega imagens panorâmicas digitais dentárias para estimar a idade cronológica de erupção dos dentes de leite e permanentes, com base na mineralização de sete dentes permanentes inferiores esquerdos. Além disso, permite avaliar o estado de maturidade dentária de um indivíduo com idade conhecida, identificando se o desenvolvimento está adiantado ou retardado. Ferramentas baseadas em IA combinam métodos clássicos, como os desenvolvidos por Demirjian (Balgı et al., 2020), Nolla ou Cameriere (Han et al., 2020; Moga et al., 2025), com modelos de regressão baseados em CNN profunda 3D, visando maior precisão na estimativa da idade cronológica. A integração dessas abordagens possibilita estimativas automatizadas e mais confiáveis, aprimorando a aplicação da OF na identificação de indivíduos (Thurzo et al., 2021).

g) Comparação dental automatizada entre registros ante e post mortem para DVI. A comparação dental automatizada aplicada à DVI, por meio da análise de registros *ante* e *post mortem*, mostra-se tecnicamente viável. Essa abordagem baseia-se em técnicas de contornometria e em sistemas robustos que empregam redes neurais convolucionais (CNN), redes siamesas e modelagem 3D. Além disso, observa-se uma tendência crescente à utilização de abordagens 3D e de DL para superar as limitações inerentes aos métodos 2D.

A identificação baseia-se em abordagens híbridas (2D–3D e multietapas), envolvendo a integração de fotografias 2D do sorriso com modelos 3D por meio de sobreposição para fins de identificação positiva (Reesu et al., 2020). Inclui, ainda, estratégias automatizadas baseadas em radiografias 2D associadas a análises 3D complementares em fluxos de trabalho forenses modernos (Clarkson al., 2022).

A comparação baseada em características específicas envolve a utilização de marcadores dentários altamente discriminativos para fins de identificação, incluindo: uso das bandas de Hunter-Schreger (microestrutura do esmalte) como característica biométrica, identificação de implantes dentários por meio de padrões morfológicos e/ou algoritmos de *machine learning* (ML) e *matching* de padrões de restaurações e trabalhos protéticos, utilizados como indicadores primários de identificação (Khan et al., 2023; Dioguardi et al., 2024; Gottumukkala et al., 2024).

h) Análises específicas (rugoscopia) na identificação humana. A IA tem sido aplicada à rugoscopia com o objetivo de automatizar, aprimorar e padronizar a análise forense das rugas palatinas por meio de técnicas de ML, DL, processamento geométrico 3D, reconhecimento de padrões e análise digital de imagens. Essas abordagens possibilitam a identificação, a extração de características e a comparação cruzada dos padrões das rugas palatinas, aumentando a objetividade e a reprodutibilidade dos processos de identificação humana. As rugas palatinas são únicas, resistentes ao calor e relativamente estáveis, sendo úteis na identificação humana quando impressões digitais e dentes estão indisponíveis. A partir da automatização e da correspondência entre registros *ante* e *post mortem* das rugas palatinas, é possível realizar a sobreposição de superfícies 3D, utilizando métricas de similaridade baseadas em distância.

Essa estratégia permite a confirmação objetiva da identidade, reduzindo a dependência do operador e aumentando a confiabilidade dos procedimentos aplicados à DVI (Bjelopavlovic et al., 2026).

i) Reconhecimento automatizado de padrões em impressões labiais para aplicações em queiloscopia forense. O ML desempenha um papel central e transformador na queiloscopia moderna, contribuindo para o aprimoramento do reconhecimento de padrões, da automação, da precisão da classificação e da tomada de decisões forenses. Essas técnicas permitem a detecção automatizada dos complexos padrões de sulcos e fissuras que caracterizam as impressões labiais, fornecendo capacidades essenciais para a interpretação das características multifacetadas dos traços labiais (Sabelli et al., 2021). Modelos de ML são capazes de classificar padrões de impressões labiais por meio de abordagens de aprendizagem supervisionada. Além disso, o ML auxilia na realização de tarefas de classificação cruzada de amostras e na análise de assinaturas químicas e biométricas por meio da utilização de algoritmos avançados de reconhecimento de padrões. Dessa forma, a aplicação da IA na queiloscopia contribui para aumentar a objetividade, a reprodutibilidade e a confiabilidade dos processos de identificação humana no contexto forense (Sabelli et al., 2021; Reichenbach, 2022; Sabelli et al., 2022) (Quadro 1).

Quadro 1. Distribuição e resumo de todos os artigos incluídos

Autor/ano	Tipo de aplicação forense	Tipo de dado / imagem	Algoritmo / abordagem	Cenário e população	Validação
Bewes et al., 2019	Estimativa de sexo	900 imagens / TCC	ANN GoogleNet, MATLAB / Comparação de desempenho	Pacientes de serviço radiológico, adultos/ Ascendências: Inglesa (37,3%), Australiana (30,9%), Escocesa (8,2%), Irlandesa (8,1%), Alemã (6,8%), Italiana (6,8%), Chinesa (3,9%), Indiana (2,4%), Vietnamita (1,5%)	Validação interna
Fournier et al., 2020	Marcas de mordida: Na cera dentária, queijo duro, chocolate e maçã	27 digitalizações 3D / SI	MeshMixer e CloudCompare / Correspondência de pontos 3D	Adultos estudantes de odontologia / Francesa	Validação temporal
Corte-Real et al., 2024	Sobreposição de imagens	10 imagens / SI e TCFC	Medit Scan e ALIGN / Superposição STL	Adultos / Portuguesa	Validação interna
Khanagar et al., 2021	Estimativa de sexo e idade, marcas de mordida e prever a morfologia mandibular	8 estudos / Panorâmicas, fotos e cefalométricas	ANNs, CNN, BCNN / Comparação	Estudos incluídos / Diferentes populações	QUADAS-2
Anees et al., 2024	Antropologia dentária e marcas de mordida	67 estudos / Radiografias, fotos, RM e TCFC	Vários / Comparação	Estudos incluídos / Diferentes populações	Comparação com literatura
De Sena et al., 2023	Identificação dentária e marcas de mordida	20 estudos / Radiografias e fotos	Correspondência / Comparação	Estudos incluídos / Diferentes populações	Comparação com literatura
Patil et al., 2020	Estimativa de sexo	509 imagens / Radiografias, panorâmicas e cefalométricas	ANN Feedforward e TRINLM / Comparação de desempenho	Pacientes de serviço radiológico, adultos, medidas lineares e angulares da mandíbula / Indiana	Comparação com métodos tradicionais
Khan et al., 2024	Múltiplas	32 estudos / Radiografias e panorâmicas	CNN, ML, SVM / Comparações rápidas	Estudos incluídos, morfologia dentária, restaurações, marcas de mordida / Diferentes populações	Meta-análise: Variabilidade e avaliação de qualidade
Chamberlain et al., 2023	Diagnóstico por imagem	20 estudos / Imagem médica	ML / Diagnósticos	Estudos incluídos, oncologia / Diferentes populações	Comparação com literatura

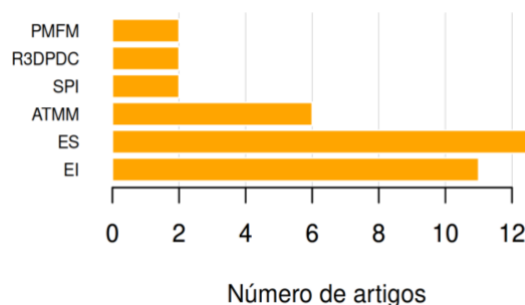
			mais rápidos, precisos, sensíveis e específicos		
Pereira et al., 2019	Idade e sexo	300 imagens / Fotos e radiografias	ANN e vários / Processar, comparar e reconhecer imagens	Prontuários odontológicos / Brasileira	Validação temporal
Mohammad et al., 2022	Estimativa idade, sexo, comparação dentária e marcas de mordida	28 estudos / Imagens clínicas, radiografias e TCFC	ANN e ML / Comparação odontológica	Estudos incluídos e maxilofacial / Diferentes populações	Validação cruzada
Thurzo et al., 2021	Reconstrução facial	TCFC 3D e 2D, análise cefalométrica 3D	CNN 2D e CNN 3D / Comparação	Reconhecimento de pontos de intersecção mandibulares e faciais / Eslováquia	Validação interna
Galante et al., 2023	IA em odontologia forense	72 estudos / TCFC fotoantropométric os, fotografias e panorâmicas	ANN, CNN, GAN, DNN, DCNN, BCNN, DT, RF, SVM, K-NN / Comparação com habilidades humanas	Estudos incluídos, antropologia, odontologia, patologia e genética forense / Diferentes populações	Comparação com literatura
Pereira et al., 2025	Diagnóstico por imagens	1.235 imagens / OPG e radiografias extraorais	Python, CNN, SL, TL, VGG16 / Comparação de evidências ante mortem e post mortem	Pacientes de serviço radiológico, identificação médico-legal de cadáveres desconhecidos / Portuguesa	Validação cruzada
Thurzo et al., 2022	Reconstrução 3D de padrões dentários	Restaurações dentárias (amálgama, ionômero de vidro, resina composta) / SI, Micro-TC, TCFC, panorâmicas, fotografia digital	Correspondência digital 2D e 3D, CNN, espectroscopia / Comparação entre métodos manuais e IA	Osso mandibular humano com dentes / Eslováquia	Validação temporal
Farhadian et al., 2019	Estimativa da idade (proporção polpa-dente)	300 imagens / TCFC e fotografias	Feedforward / Comparação do desempenho preditivo	Vários grupos etários, desenvolvimento completo do dente canino e formação do canal radicular / Iraniana	Validação cruzada e MAE
Murray et al., 2024	Estimativa da idade cronológica (<18 e ≥18 anos)	4.003 imagens / Radiografias panorâmicas	CNN DenseNet121 / Validação k-fold 80:20	Pacientes de serviço radiológico, anatomia do terceiro molar / Brasileira	Validação cruzada k-fold
Franco et al., 2022	Dimorfismo sexual dentomaxilofacial em crianças e jovens	4.003 imagens / Radiografias panorâmicas	CNN DenseNet121, CNN From Scratch (FS), Transfer Learning (TL) / Comparação de desempenho	Pacientes de serviço radiológico, características morfológicas dentárias / Brasileira	Validação cruzada k-fold
Toneva et al., 2021	Classificação para estimativa de sexo	393 imagens / TCFC	SVM, ANN totalmente conectada, LR / Comparação	Pacientes de serviço radiológico, adultos, medições cranianas / Bulgária	Validação cruzada
Ciconelle et al., 2023	Estimativa de sexo	207.946 imagens / Radiografias panorâmicas	CNN padrão, ResNe / Comparação	Amplas faixas etárias, tipo de dentição e dentes ausentes / Brasileira	Validação cruzada k-fold
Karim et al., 2026	Estimativa de sexo	200 imagens / SI	DT, RF, KNN, SVC, LR, GNB / Comparação	Adultos, medições lineares dos seis dentes anteriores superiores e dimensões do arco maxilar / Iraquiana	Validação cruzada
Öztürk et al., 2025	Previsão do sexo	350 imagens / TCFC	SVM, KNN, Bayes Ingênuo, LR, RF, XGBoost / Comparação	Adultos, medida morfométrica mandibular / Turca	Validação cruzada

Siwan et al., 2025	Previsão de dimensões faciais com base em parâmetros dentários e mandibulares	422 imagens / Fotografias	SVR, RFR, DTR, LR / Comparação de quatro modelos preditivos	Pacientes de serviço radiológico, medições faciais, dentárias e maxilares / Indiana	Validação cruzada
Banjšak et al., 2020	Estimativa cronológica da idade	4.035 imagens / OPG	DenseNet201, ResNet50, VGG16, VGG19, Xception / Comparação de desempenho	Pacientes de serviço radiológico, restos arqueológicos de crânio / Croácia	Validação interna
Dashti et al., 2025	Estimativa de gênero	13 estudos / OPG	Vários / Comparação	Estudos incluídos, população geral / Diferentes populações	Meta-análise: Variabilidade e avaliação de qualidade
Namiki et al., 2026	Estimativa 3D de mandíbula ausente	200 imagens / TCFC	Vários / Comparação	Pacientes de serviço radiológico, modelos homólogos de crânio e mandíbula / Japonesa	Validação cruzada k-fold

Fonte: Autores (2026). Legendas : **ANN** – Rede Neural Artificial; **MATLAB** – Laboratório de Matrizes; **BCNN** – Rede Neural Convolucional Bayesiana ; **CNN** – Rede Neural Convolucional; **RM**- Ressonância magnética, **DNN** – Rede Neural Profunda; **DCNN** – Rede Neural Convolucional Profunda; **OPG** – Ortopantomográficas; **DT** – Árvore de Decisão ; **FS** – Treinamento From Scratch (do zero) ; **GAN** – Rede Generativa Adversarial ; **LR** – Regressão Logística; **ML** – Aprendizado de Máquina ; **Micro-CT** – Microtomografia Computadorizada ; **ResNe / ResNet** – Rede Neural Residual ; **RF** – Random Forest (Floresta Aleatória) ; **SVC / SVM** – Classificador de Vetor de Suporte / Máquina de Vetor de Suporte ; **SI** – scanner intraoral 3D ; **SL** – Aprendizado Supervisionado ; **MAE** – Erro Absoluto Médio; **TL** – Transferência de Aprendizado ; **TRINLM** – Modelo de Aprendizado Neural Integrado Recorrente de Três Camadas (variante específica de ANN); **TCC / TCFC** – Tomografia Computadorizada / Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico ; **VGG16 / VGG19** – Arquiteturas de rede do Visual Geometry Group ; **K-NN** – K Vizinhos Mais Próximos ; **RFR / DTR / SVR** – Regressor Random Forest / Regressor Árvore de Decisão / Regressor Vetor de Suporte e **GNB** – Naive Bayes Gaussiano.

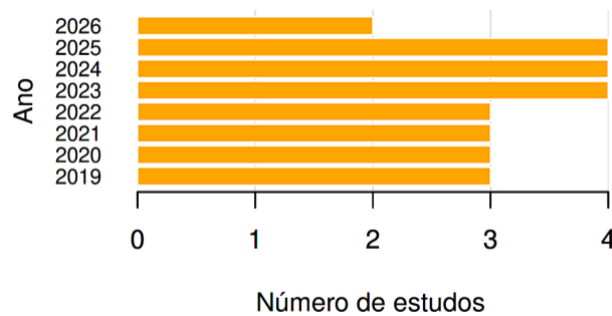
Dos 26 artigos analisados sobre IA em OF, a maioria (95%, $n = 13$) (Gráfico 1) apresentou correlação significativa com a estimativa de sexo (EI). A estimativa de idade (ES) apareceu em 85% ($n = 11$), enquanto 45% ($n = 6$) envolveram análise 3D das marcas de mordida ou mandibular (ATMM). Ainda, 15% ($n = 2$) utilizaram a sobreposição de imagens obtidas pela combinação do *software* de SI com a TCFC (SPI-SIETCFC), 15% ($n = 2$) efetuaram reconstrução 3D de padrões dentários ou crânios (R3DPDC) e 15% ($n = 2$) focaram na previsão da morfologia facial ou mandibular (PMFM).

Gráfico 1. Aplicações e expansão da tecnologia de IA na OF, conforme os estudos analisados



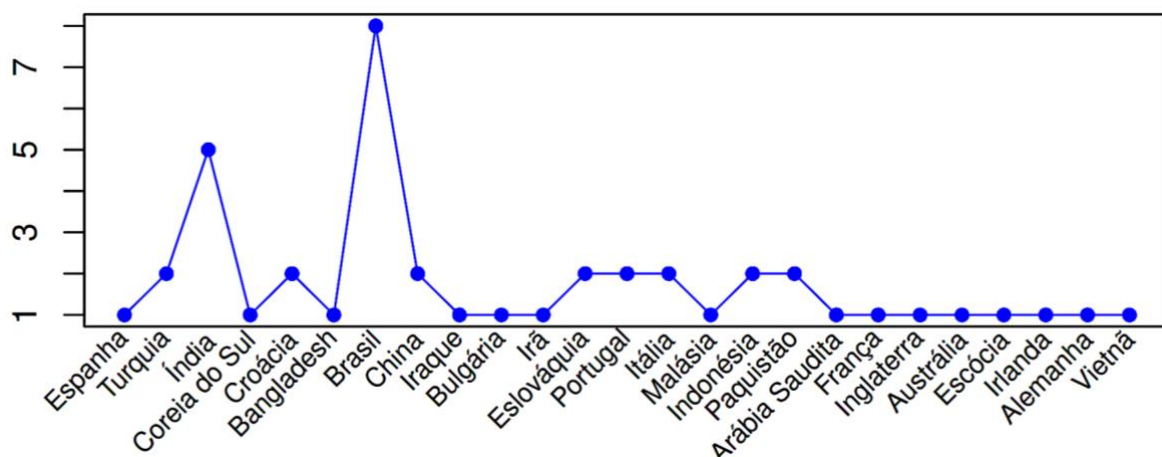
Fonte: Autores (2026). Legendas: **PMFM** - Prever a morfologia facial ou mandibular; **R3DPDC** - Reconstrução 3D de padrões dentários ou crânios; **SPI** - Sobreposição de imagens obtidas pela combinação do *software* de SI com a TCFC; **ATMM** - Análise tridimensional das marcas de mordida ou mandibular; **ES** - Estimativa de sexo e **EI** - Estimativa de idade.

Para este estudo, a análise dos dados revelou um aumento no número de publicações entre 2023 e 2025, enquanto se observou relativa estabilização no período de 2019 a 2022. Estima-se, ainda, um crescimento substancial de publicações em 2026. As implicações da IA incluem a possibilidade de substituir, diversificar ou complementar os métodos atuais. Destacam-se, em particular, a aproximação facial forense em 3D, os *softwares* de planejamento digital, o sistema de identificação por reconhecimento da Polícia Federal do Brasil, a interpretação de DNA e a impressão 3D (Gráfico 2).

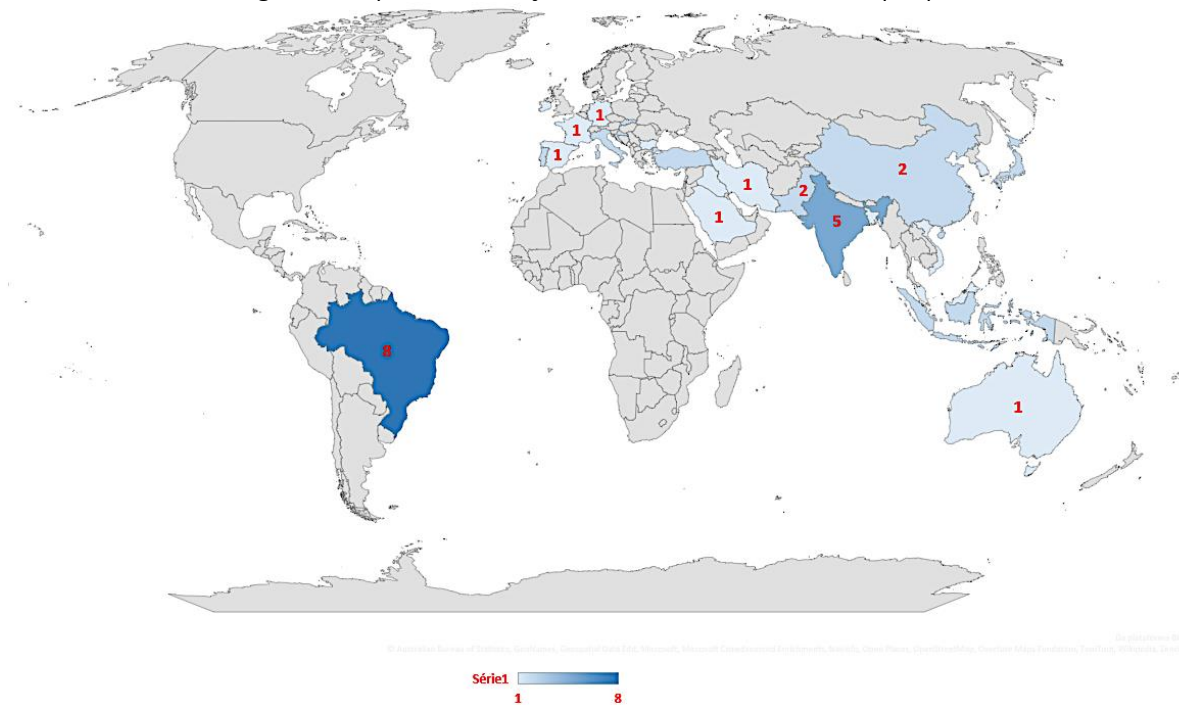
Gráfico 2. Análise da evolução anual do número de estudos sobre IA em OF

Fonte: Autores (2026).

Observa-se um número elevado de artigos com matriz de evidências publicados no Brasil e na Índia, seguido por uma quantidade moderada de publicações no Japão, na Turquia, na Croácia, na China, na Eslováquia, em Portugal, na Itália, na Indonésia e no Paquistão, e um número menor de estudos nos demais países (Gráfico 3 e Figura 2).

Gráfico 3. Distribuição de estudos sobre IA em OF por país

Fonte: Autores (2026).

Figura 2. Mapa da distribuição dos estudos sobre IA em OF por país

Fonte: Autores (2026).

Verifica-se que os estudos foram avaliados em sete domínios (D1 a D7) de avaliação crítica do JBI na pesquisa de IA em OF, apresentando, de modo geral (*overall*), baixo risco de viés (Figura 3). Os riscos estão associados a limitações inerentes, como o tamanho reduzido das amostras, o desenho dos estudos, a presença de potenciais fatores de confusão e o treinamento em populações restritas, o que dificulta a generalização dos resultados. Além disso, alguns modelos apresentam excelente desempenho em validação cruzada e validação interna, mas carecem de validação externa. Observa-se também um desbalanceamento em termos de sexo e idade, o que compromete as métricas de desempenho. Por exemplo, o sexo feminino tende a ser classificado com menor precisão em fotografias cranianas.

Figura 3. Avaliação do risco de viés e da qualidade dos estudos com o JBI, em gráfico tipo semáforo (Robvis)

	Risco de viés (Risk of bias)							Overall
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	
Bewes et al., 2019	+	+	-	-	+	+	+	+
Fournier et al., 2020	+	+	●	-	+	+	-	-
Corte-Real et al., 2024	+	-	-	-	+	●	-	+
Khanagar et al., 2021	+	×	-	×	-	●	+	+
Anees et al., 2024	+	×	●	×	+	●	-	+
De Sena et al., 2023	+	-	●	+	+	●	+	+
Patil et al., 2020	-	×	-	-	+	+	+	+
Khan et al., 2024	+	-	●	×	+	+	-	+
Chamberlaim et al., 2023	+	+	●	-	+	●	-	+
Pereira et al. 2019	-	-	●	×	+	●	-	+
Mohammad et al. 2022	+	×	-	-	-	+	+	+
Thurzo et al. 2021	+	×	-	-	×	+	-	-
Galante et al. 2023	+	×	-	×	-	+	-	-
Palmela et al. 2025	×	-	×	×	×	×	×	×
Thurzo et al. 2022	+	×	●	×	-	●	-	-
Farhadian et al. 2019	-	-	-	+	-	-	-	-
Murray et al. 2024	×	+	×	+	×	×	×	×
Franco et al. 2022	×	+	×	+	×	×	×	×
Toneva et al. 2021	-	+	×	×	×	-	-	-
Ciconelle et al.2023	-	+	×	-	-	+	-	+
Karim et al. 2026	-	+	×	×	-	-	+	+
Öztürk et al 2025	-	+	-	×	+	+	+	+
Siwan et al 2025	-	+	×	×	-	-	+	-
Banjšak et al.2020	×	+	-	×	+	+	+	+
Dashti et al.2025	+	+	●	×	+	×	-	-
Namiki et al 2026	-	+	-	×	-	×	+	+

Estudo (Study)

D1: O tamanho da amostra foi adequado ?
D2: Diferentes imagens para identificação na OF?
D3: Operador treinado para identificação?
D4: Houve diferentes análises do algoritmo de IA?
D5: Dados de resultado completo ?
D6: A análise estatística foi apropriada?
D7: Desempenho de IA na OF ?

Julgamento (Judgement)
× Alto (High)
- Pouco claro (Unclear)
+ Baixo (Low)
● Não aplicável (Not applicable)

Fonte: Autores a partir de [Robvis](#) (2026).

Os estudos empregam uma variedade de métricas, apresentando forte heterogeneidade, incluindo acurácia, precisão, sensibilidade, especificidade, erro absoluto médio (MAE), coeficiente Kappa e AUC (área sob a curva ROC). Essas métricas são aplicadas em diferentes contextos, como identificação humana por marcas de mordida, ruga palatina, impressões labiais, de dentes e arcadas, estimativa de idade e sexo, análise de imagens radiográficas (panorâmicas, ortopantomográficas e TCFC), previsão da PMFM, reconstrução 3D de padrões dentários ou crânios, sobreposição de imagens obtidas pela combinação do *software* de SI com a TCFC e comparação *ante* e *post mortem*. Observa-se grande variação na escolha das métricas, e a falta de padronização dificulta a comparação entre os estudos.

A validação externa é uma das principais limitações identificadas neste estudo. A escassez de pesquisas com validação externa independente é amplamente reconhecida e, quando realizada, frequentemente evidencia uma queda significativa no desempenho fora do conjunto de dados original. Além disso, o uso de diferentes indicadores de desempenho e a ausência de limiares padronizados para acurácia, sensibilidade e especificidade dificultam a realização de uma análise coesa e abrangente. As revisões enfatizam que a falta de validação externa compromete a generalização dos resultados e limita sua aplicação clínica ou forense.

Os tamanhos amostrais variam consideravelmente: alguns estudos apresentam amostras substanciais (por exemplo, 4.035 ortopantomografias no estudo “Estimativa cronológica da idade”), enquanto outros possuem amostras pequenas ou pouco diversificadas, comprometendo a eficácia e a generalização dos resultados. Essa situação pode resultar em poder estatístico insuficiente e em generalizações excessivas, como observado em alguns trabalhos. As revisões enfatizam a necessidade de estudos multicêntricos e populacionalmente diversos para melhorar a validade e a aplicabilidade dos achados.

Cada estudo utilizou diferentes protocolos de imagem, resoluções e técnicas de pré-processamento, fatores que podem afetar o desempenho dos modelos de IA. Observa-se problema de generalização, com queda de desempenho em imagens reais quando comparadas a dados padronizados. Modelos treinados em populações específicas (por exemplo, na Croácia) necessitam de validação em outros grupos devido às variações populacionais e à heterogeneidade de imagens, protocolos e equipamentos, o que compromete a comparabilidade e pode influenciar os resultados de forma independente. Recomenda-se, portanto, o treinamento com dados heterogêneos e multicêntricos para aumentar a eficácia, bem como a utilização de repositórios abertos com dados anonimizados, que permitem a avaliação externa e a replicação dos estudos.

As principais limitações mais frequentes incluem: ausência de validação externa, considerada o problema mais relevante; alta heterogeneidade entre os estudos incluídos, dificultando a síntese qualitativa; dados insuficientes ou pouco diversificados, tanto em quantidade quanto em variedade; diferenças nas faixas etárias e nas características demográficas das populações estudadas; variação nos algoritmos de IA e nas arquiteturas dos modelos empregados; falta de interpretabilidade, comprometendo a admissibilidade legal; escassez de diretrizes padronizadas para avaliação e relato; e carência de estudos prospectivos e multicêntricos. Essa variabilidade torna comparações diretas desafiadoras e pode contribuir para a inconsistência das estimativas agregadas de acurácia, sensibilidade e especificidade.

Os estudos são convergentes em relação a lacunas comuns, como ausência de validação externa, risco de viés e falta de padronização, sem que sejam identificadas divergências significativas. O nível de confiança é elevado, com consistência entre revisões sistemáticas, narrativas e estudos originais quanto aos mesmos problemas metodológicos.

DISCUSSÃO

Empregou-se diversos tipos de revisões associadas à IA por meio de algoritmos, foi possível constatar que a OF apresenta maior relevância na estimativa do sexo e da idade, bem como na análise 3D das marcas de mordida, em comparação com técnicas como a sobreposição de imagens obtidas pela combinação do *software* do SI com a TCFC, a reconstrução 3D de padrões dentários ou de crânios, e a previsão da PMFM por algoritmos. Em comparação com Machado et al. (2022), a análise por algoritmos apresenta limitações que dificultam a padronização dos resultados, uma vez que as características faciais são mutáveis, dinâmicas e influenciadas por fatores físicos (peso, idade, presença de doenças ou lesões, expressões faciais e uso de acessórios) e tecnológicos (iluminação, distância focal da câmera, ângulo de captura, resolução e qualidade das imagens). Deve-se também considerar a existência de gêmeos univitelinos e sócias, que não podem ser distinguidos por sistemas automatizados, sendo identificáveis apenas por meio de exame técnico pericial de comparação facial.

A literatura recente indica que o uso da IA na identificação de vítimas desconhecidas por meio da OF está em rápida expansão; no entanto, ainda enfrenta limitações metodológicas, éticas e regulatórias que impedem seu pleno uso. De modo geral, os estudos convergem ao mostrar que algoritmos baseados em DL, sobretudo CNNs, oferecem ganhos substanciais em precisão, escalabilidade e velocidade nas principais tarefas forenses: estimativa de idade e sexo, rugas palatinas, comparação dentária entre registros *ante* e *post mortem* e detecção de estruturas com relevância identificatória (Khanagar et al., 2021; Eto et al., 2022; Augustine et al., 2024).

Neste estudo, o sistema de semáforo revelou, de modo geral, baixo risco de viés nos artigos selecionados e nos domínios dos testes aplicados. Isso indica que, embora os desenhos das pesquisas variem entre os artigos, os testes foram conduzidos de maneira adequada, sugerindo que as amostras são diversas e que os algoritmos de IA foram aplicados corretamente. Embora alguns materiais tenham apresentado risco incerto em determinados domínios, vários demonstraram baixo risco de viés em muitas categorias, e apenas três apresentaram alto risco, especialmente em relação ao desempenho da IA na OF. No entanto, diferenças metodológicas entre os estudos, problemas com a qualidade dos dados, vieses dos algoritmos e a complexidade dos padrões dentários podem dificultar a identificação, afetar as métricas de desempenho e limitar as definições na OF. Esses fatores tornam a comparação direta mais difícil e podem comprometer a formulação de conclusões padronizadas, aumentando o risco de erros ou interpretações incorretas.

Os pesquisadores devem buscar aprimorar a qualidade de seus estudos por meio de delineamentos robustos, aumento do tamanho das amostras, quando viável, e implementação de medidas de controle rigorosas para minimizar potenciais fatores de confusão. Amostras inadequadas podem comprometer a capacidade de detectar efeitos ou associações reais, resultando em resultados inconclusivos ou enganosos. Além disso, o delineamento do estudo é crucial para sua validade e confiabilidade. Estudos com delineamentos mais fracos, como transversais ou observacionais, são mais suscetíveis a vieses

quando comparados com ensaios clínicos randomizados ou estudos longitudinais. Tais delineamentos podem não estabelecer causalidade de forma eficaz, dificultando a obtenção de conclusões definitivas.

Avanços e Benefícios Observados

Os algoritmos CNN, ANN, máquina de vetores de suporte (SVM) e ML apresentam maior prevalência neste estudo em comparação com os demais analisados, evidenciando uma tendência clara de utilização preferencial desses métodos. Na pesquisa de Thurzo et al. (2021), o algoritmo utilizado tem reputação amplamente reconhecida internacionalmente e apresenta grande potencial para se tornar uma ferramenta capaz de alcançar níveis de probabilidade inéditos, superiores à capacidade de avaliação humana. No entanto, é importante ressaltar que esse desenvolvimento ainda representa uma possibilidade futura, e não uma garantia.

Modelos de IA têm demonstrado desempenho igual ou superior ao de examinadores humanos na sexagem e na estimativa etária a partir de radiografias panorâmicas, apresentando erros médios muito baixos e alta reprodutibilidade (Wang et al., 2023; Kim et al., 2025; Oliveira et al., 2026). Sistemas como ForensicNet, DENT-net e outras arquiteturas CNN mostram que múltiplas estruturas dentárias e ósseas podem ser analisadas simultaneamente, aumentando a eficácia da identificação, mesmo em contextos de desastres em massa (Park et al., 2024; Ferdous et al., 2025). Além disso, algoritmos aplicados a imagens intraorais e impressões dentárias conseguem classificar restaurações com elevada acurácia, contribuindo para a automatização de prontuários odontológicos e facilitando a comparação *ante e post mortem* (Eto et al., 2022). Da mesma forma, as rugas palatinas constituem uma importante característica anatômica para a identificação humana, por serem únicas, resistentes ao calor e relativamente estáveis ao longo do tempo, especialmente em situações nas quais impressões digitais e elementos dentários não estão disponíveis (Choudhari et al., 2020; Bhardwaj et al., 2021). A queiloscopia é útil em situações nas quais as impressões digitais não estão disponíveis ou foram destruídas (Solomon et al., 2023; Navya et al., 2024)

Principais Limitações Observadas

Pode-se constatar que todos os artigos analisados indicam a necessidade de conhecimentos especializados por parte dos profissionais para supervisionar os algoritmos de IA, bem como a disponibilidade de recursos avançados. No estudo de Franco et al. (2022), a aplicação prática de diferentes técnicas de IA é limitada, pois exige instalações e ferramentas sofisticadas, geralmente indisponíveis na maioria dos institutos médico-legais, especialmente em países em desenvolvimento.

Em comparação com os estudos de Paris et al. (2020) e Moraes et al. (2022), os recursos de imagens apresentam limitações na previsão da morfologia facial, especialmente na identificação individual em situações complexas ou com imagens de baixa qualidade, como fotografias antigas, malconservadas, com pouca luminosidade ou distorções. Indivíduos que passaram por cirurgia plástica facial, preenchimentos faciais (remodelação facial) ou que apresentam obesidade, devido ao acúmulo de tecido adiposo nas regiões facial e cervical, podem exigir maior experiência do operador, dificultando a criação de um perfil biológico preciso.

A identificação *ante* e *post mortem* permanece um método confiável, mas sua eficácia depende da disponibilidade de registros *ante mortem* e da padronização dos protocolos. A rugoscopia, especialmente associada ao escaneamento 3D e à IA, apresenta grande potencial, embora ainda enfrente desafios relacionados à estabilidade pós-tratamento e à padronização metodológica. A queilosopia também é promissora, mas sua aplicação é limitada pela variabilidade populacional e pela falta de protocolos consistentes. Essas limitações reforçam a necessidade de padronização internacional, validação multicêntrica e integração tecnológica. Para superar essas limitações, recomenda-se a utilização de algoritmos de IA da Polícia Federal em conjunto com métodos primários de identificação de vítimas desconhecidas, como exames datiloscópicos, análise da arcada dentária e testes de DNA.

Por esse motivo, neste estudo, a estimativa de sexo, idade e a identificação geral apresenta baixo nível de exatidão no uso de IA. Em comparação com os estudos de Galante et al. (2023) e Silva (2024), a aplicação da IA está sujeita a diversas limitações intrínsecas, especialmente na estimativa de sexo, idade e afinidade populacional. Dessa forma, a IA ainda está longe de ser aplicada em casos de rotina, já que os modelos existentes foram construídos com um número limitado de casos, sem padrões consistentes de coleta de informações, apresentando grande variabilidade.

Apesar desses avanços, desafios importantes persistem. A heterogeneidade e o tamanho limitado dos conjuntos de dados são apontados como alguns dos maiores obstáculos, gerando risco de *overfitting* e reduzindo a capacidade de generalização dos modelos para populações distintas (Park et al., 2024; Karcioğlu et al., 2025; Mouncif et al., 2025). Muitos estudos utilizam bases retrospectivas, desbalanceadas e provenientes de uma única origem populacional, comprometendo a validade externa (Araidy et al., 2025; Uribe et al., 2025). Outra fragilidade recorrente é a ausência de validação externa e de padrões internacionalmente aceitos para a avaliação do desempenho de sistemas de IA em contextos forenses (Chopra et al., 2025; Karcioğlu et al., 2025).

Questões Éticas, Legais e de Aceitabilidade Forense

Para peritos do setor de criminalística ou dos Instituto Médico-Odontológico Legal (Imols), este estudo verificou que a sobreposição de imagens obtidas pela combinação do *software* do SI com a TCFC, do Medit Scan Clinic e, sobretudo, do Medit Model Builder é gratuita para os proprietários de *scanners* Medit, mas exige pagamento para quem não tem o equipamento. O *software* Meshmixer, que é gratuito e amplamente utilizado para a manipulação de imagens 3D, é utilizado na análise de marcas de mordidas e rugas palatinas. Para a reconstrução 3D de padrões dentários na identificação, *softwares* como Phoenix datos|x e VGStudio Max são pagos. Para prever a morfologia facial das vítimas de desastres, realizar queilosopia, estimar sexo e idade, há diversos recursos de algoritmos de aprendizagem 3D CNN gratuitos, além de cursos online e plataformas de treinamento que podem ser utilizados para capacitação e prática.

O perito do Imols, médico e/ou cirurgião-dentista deve ter competências em IA, incluindo capacidade de observação, análise crítica, raciocínio lógico e aptidão para realizar trabalhos de identificação com precisão (Carvalho et al., 2022). No Brasil, a falta de recursos tecnológicos e o baixo número de especialistas nesses institutos dificultam análises com

exatidão (Frois et al., 2022). Nesse contexto, tanto a disciplina de Medicina Legal quanto a de Odontologia Legal, que deveriam ser teórico-práticas, são frequentemente negligenciadas, pois muitas instituições ainda não oferecem a carga horária adequada em teoria e prática (Faria et al., 2021). Os estudos também ressaltaram possíveis preocupações éticas e legais, bem como a necessidade de treinamento contínuo dos profissionais de radiologia, integração de bancos de dados de *softwares* e uso de reconhecimento facial.

As preocupações éticas relacionadas à IA são amplamente documentadas. Inclusive, privacidade, segurança de dados, consentimento, viés algorítmico e responsabilidade profissional surgem repetidamente como barreiras à implementação segura da IA em ambientes clínicos e forenses (Lin et al., 2023; Rokhshad et al., 2023; Lee et al., 2025; Sarhan et al., 2025). A ausência de transparência e explicabilidade nos modelos de DL pode comprometer sua admissibilidade legal, uma vez que os tribunais frequentemente exigem métodos auditáveis e reproduzíveis (Pereira, 2026; Ramnarayan et al., 2026).

Ainda há debate sobre a responsabilidade em caso de erros: se recai sobre desenvolvedores, profissionais ou instituições (Lee et al., 2025). Os estudos destacam que a integração efetiva da IA na OF depende da colaboração entre odontologistas, cientistas de dados, engenheiros e especialistas em ética e regulação (Augustine et al., 2024; Erol et al., 2025). A criação de *checklists*, arcabouços éticos e normas internacionais, como as propostas por grupos vinculados à Organização Mundial da Saúde (OMS) e à Organização Internacional para Padronização (ISO), surge como um caminho promissor para aumentar a padronização e a confiabilidade (Pereira, 2026; Rokhshad et al., 2023). A IA apresenta potencial inegável para transformar a identificação de vítimas desconhecidas, tornando o processo mais rápido, objetivo e escalável. Contudo, para que seja plenamente confiável em cenários médico-odontológicos legais, são necessárias consolidação metodológica, maior diversidade de dados, validação externa rigorosa e estruturas éticas e regulatórias robustas.

Implicações da IA

Nos achados desta revisão, observa-se que ainda não há consenso sobre a utilização da IA, o que pode gerar lacunas no conhecimento. Acredita-se que os modelos de algoritmos de IA utilizados neste estudo não foram treinados com casos considerados complexos, como ossos fraturados, putrefação, cirurgias faciais ou remodelações ósseas e estéticas. Em estudos futuros, será necessário aplicar algoritmos de IA a grandes amostras de ossos, tanto em casos com fraturas quanto sem fraturas, bem como em situações de remodelação facial ou estética, a fim de avaliar a eficácia e a aplicabilidade dos modelos em condições desafiadoras.

Para obter estimativas mais precisas do desempenho de um modelo, são necessários múltiplos conjuntos de observações para treinar e testar o modelo preditivo. O modelo de predição desenvolvido é uma ferramenta útil para estimar a idade na OF.

Uma das principais vantagens das redes neurais em relação aos métodos estatísticos clássicos, como a regressão linear simples ou múltipla, é a capacidade de modelar relações não lineares complexas entre variáveis de entrada e saída. A aplicação de redes neurais em diferentes áreas tem demonstrado desempenho superior em comparação com os modelos de regressão tradicionais (Farhadian et al., 2019).

O aumento da precisão e da velocidade observado em modelos de DL, incluindo CNNs, permite altas taxas de acerto em tarefas como classificação dentária, estimativa de idade e identificação humana, muitas vezes superando métodos tradicionais (Mohammad et al., 2022; Augustine et al., 2024; Supriyadi et al., 2024; Karcioğlu et al., 2025). A melhoria da qualidade das imagens por meio de algoritmos de GANs aprimora radiografias panorâmicas e periapicais, removendo artefatos e aumentando a resolução, o que potencializa a análise forense (Kim et al., 2023; Lin et al., 2023; Yang et al., 2023; Yang et al., 2024).

A automatização de fluxos forenses, por meio da integração de TCFC, SI e segmentação automática, permite análises rápidas em cenários de desastres em massa (Fauziah et al., 2025; Radu et al., 2025). A dependência da qualidade dos dados para a obtenção de resultados confiáveis exige bases de dados extensas, diversas e bem anotadas, que atualmente são escassas (Turosz et al., 2023; Uribe et al., 2024; Verkhovskiy et al., 2024).

O risco de viés algorítmico proveniente de bases de dados pouco diversificadas pode gerar decisões inequitativas em populações distintas, influenciando indevidamente as conclusões forenses (Mohammad et al., 2022; Turosz et al., 2023). A admissibilidade jurídica do laudo pode ser dificultada pela falta de explicabilidade, de validação externa e de padronização, comprometendo a aceitação de resultados de IA em tribunais (Vodanović et al., 2023; Augustine et al., 2024). A responsabilidade profissional, com ambiguidades sobre quem responde por erros o perito, o desenvolvedor ou o sistema, exige a criação de novas normativas (Bal et al., 2025).

A conformidade com regulamentos internacionais e padrões, como International Organization for Forensic Odonto-Stomatology (IOFOS), American Board of Forensic Odontology (ABFO), European Academy of Forensic Odontology (EASO), bem como com legislações emergentes (por exemplo, a legislação europeia sobre IA), é essencial para assegurar o uso legalmente válido das ferramentas (Radu et al., 2025).

Não existe consenso sobre a definição da evolução futura ou ideal da IA a médio e longo prazo. O que se pode afirmar é que a IA já está se inserindo na prática diária e nos procedimentos de diversas áreas, sejam da saúde, humanas ou exatas, introduzindo novos paradigmas, estabelecendo uma perspectiva irreversível no mundo contemporâneo e desafiando os limites do conhecimento humano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão integrativa demonstrou que os sistemas baseados em IA apresentam aplicabilidade crescente na OF, especialmente em análises de imagens, reconstruções 3D e estimativas antropológicas. No entanto, persistem limitações relacionadas à qualidade das bases de dados, à heterogeneidade dos algoritmos e à escassez de validações empíricas em contextos reais. A supervisão humana continua sendo indispensável, particularmente em situações com valor probatório.

O estudo reforça a necessidade de ampliar a formação dos peritos em tecnologias digitais, padronizar os fluxos de trabalho e desenvolver diretrizes éticas para o uso da IA em contextos forenses. Futuras investigações devem concentrar-se na criação de bancos de dados nacionais e em metodologias padronizadas, incluindo marcos anatômicos uniformes, faixas etárias consistentes e técnicas de modelagem por IA padronizadas, bem como em protocolos validados de interoperabilidade entre sistemas periciais e plataformas de IA.

O uso da IA em OF demonstra precisão e exatidão comparáveis às de examinadores treinados, superando a variabilidade inerente à percepção humana. A análise dos resultados de diversos estudos evidencia resultados promissores para aplicações futuras. A supervisão, a validação e o treinamento dos sistemas de IA são de importância crucial para garantir sua credibilidade no processo de tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- Anees, W., Fatima, R., & Ademir, F. (2024). O uso de inteligência artificial na odontologia forense: Revisão de literatura. *Revista Brasileira de Odontologia Legal*, 81-95. <https://doi.org/10.21117/rbol-v11n22024-546>
- Araidy, S., George, B., & Roman, M. (2025). Artificial intelligence applications in dentistry: A systematic review. *Oral*, 5(4), 90. <https://doi.org/10.3390/oral5040090>
- Augustine, J., Singh, K., Saini, A. K., & Mahesh, V. (2024). The role of artificial intelligence in forensic odontology: a narrative review of the current applications, associated challenges, and future directions. *2nd DMIHER International Conference on Artificial Intelligence in Healthcare, Education and Industry (IDICAIEI)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/IDICAIEI61867.2024.10842871>
- Bal, E. N. & Aylin, Y. S. (2025). Artificial intelligence in forensic science: applications, legal framework and criminal liability regime. *International Conference on Artificial Intelligence, Computer, Data Sciences and Applications (ACDSA)*, 1-7. <https://doi.org/10.1109/ACDSA65407.2025.11165965>
- Balgi, P., Farhin, K., Shishir, S., & Jayakumar, J. (2020). Comparative assessment to determine the accuracy of Demirjian and DARLInG methods of dental age estimation in Western Indian children. *Legal Medicine*, 42, 101629. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2019.101629>
- Banjšak, L., Denis, M., & Marko, S. (2020). Implementation of artificial intelligence in chronological age estimation from orthopantomographic x-ray images of archaeological skull remains. *Bulletin of the International Association for Paleodontology*, 14(2), 122-9. <https://hrcak.srce.hr/248479>
- Bewes, J., Low, A., Morphet, A., Pate, F. D., & Henneberg, M. (2019). Artificial intelligence for sex determination of skeletal remains: application of a deep learning artificial neural network to human skulls. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 62, 403. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2019.01.004>
- Bhardwaj, S., Lukose, S., & Malik, A. (2021). Establishing individuality using palatal rugae. *Indian Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 14(3), 681-5. <https://rfppl.co.in/article>
- Bjelopavlovic, M., Schmeisser, F., Abou-Ayash, S., et al. (2026). Development and validation of an automated algorithm for palatal rugae matching in forensic identification. *Journal of Dentistry*, 166, 106311. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.106311>
- Carvalho, G. P. D., Teixeira, C. S., Leal, M. D. O. C. D., & Almeida, C. (2022). Importância das selfies para a identificação humana: relato de quatro casos periciais. *RBOL*, 9(2). <https://portalabol.com.br>
- Chamberlain, A., Flor, B. D. A., Pereira, E. D. S., Almeida, L. S., & Martins, L. D. (2023). Inteligência artificial (IA) e suas aplicações em exames de imagem: uma nova era para diagnósticos na área da saúde. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 15(12), 1760524. <https://doi.org/10.55905/cuadv15n12-134>
- Chopra, A., Anand, G., & Naveen, A. (2025). Artificial intelligence in dental age estimation: Applications, technological advances and legal aspects: a narrative review. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 15(6), 1534-8. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2025.09.010>
- Choudhari, S. & Maheswari, T. N. U. (2020). Palatal rugae patterns in forensic identification. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 13(2), 575. <https://doi.org/10.5958/0974-360X.2020.00108.0>
- Ciconelle, A. C. M., Renan, L. B. da S., & Jun, H. K. (2023). Deep learning for sex determination: Analyzing over 200,000 panoramic radiographs. *Journal of Forensic Sciences*, 68(6), 2057-64. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.15376>
- Clarkson, M. E. & Marsden, P. H. (2022). The application of radiographic imaging in forensic odontology. In G. N. Rutty (Ed.), *Essentials of autopsy practice*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11541-7_5
- Corte-Real, A., Ribeiro, R., Machado, R., Silva, A. M., & Nunes, T. (2024). Digital intraoral and radiologic records in forensic identification: match with disruptive technology. *Forensic Science International*, 361, 112104. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2024.112104>
- Costa, R. M. & Maria, N. A. de S. (2022). Fontes de informação em ciências da saúde.
- Daruge, E., Daruge, J. E., & Francesquini, J. L. (2019). *Tratado de odontologia legal e deontologia*. São Paulo: Editora Santos.

- Dashti, M., Tara, A., & Farshad, K. (2025). Systematic review and meta-analysis on the accuracy of artificial intelligence algorithms in individuals gender detection using orthopantomograms. *International Dental Journal*, 75(3), 2157-68. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2024.12.018>
- De Aguiar, K. L. F., Rodrigues, V. P., Diniz, R. S., Munoz-Lora, V. R. M., Costa, J. F., & Gonçalves-Soares, L. M. (2025). Impact of hyaluronic acid filler on lip impressions: a cheiloscopy study. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 15(6), 1378-84. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2025.08.025>
- De Sena, P. R., Cunha, L. L., de Souza, S. V., & de Oliveira, A. G. (2023). Aplicabilidade da odontologia legal: revisão de literatura. *Revista Científica do Tocantins*, 3(2), 16. <https://itpacporto.emnuvens.com.br/revista>
- Dioguardi, M., Sanesi, L., Sovereto, D., et al. (2024). Possible uses of Hunter-Schreger bands of dental enamel for automated personal identification. *European Journal of Medical Research*, 29(1), 99. <https://doi.org/10.1186/s40001-024-01698-7>
- Erol, I., Iskender, P., Ihsan, T. M., & Fatma, Y. (2025). Towards precision dentistry through artificial intelligence and blockchain-based digital twins: Investigating challenges and solution strategies. *Technology in Society*, 83, 103051. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2025.103051>
- Eto, N., Junichi, Y., Akiko, T., Naohisa, W., & Noriaki, I. (2022). Development of an artificial intelligence-based algorithm to classify images acquired with an intraoral scanner of individual molar teeth into three categories. *PLOS ONE*, 17(1), e0261870. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261870>
- Farhadian, M., Salemi, F., Saati, S., & Nafisi, N. (2019). Dental age estimation using the pulp-to-tooth ratio in canines by neural networks. *Imaging Science in Dentistry*, 49(1), 19. <https://doi.org/10.5624/isd.2019.49.1.19>
- Faria, L. V., Pinheiro, F. A., Lopes, D. F., Medeiros, Y. L., & Silva, R. H. (2021). O ensino da odontologia legal nos cursos de graduação em odontologia: Um estudo transversal da região sudeste brasileira. *Revista Brasileira de Odontologia Legal*, 8(1), 13-22. Recuperado de <https://portalabol.com.br/rbol>
- Farronato, M., Begnoni, G., De Boodt, L., Thevissen, P., Willems, G., & Cadenas De Llano-Pérula, M. (2023). Are palatal rugae reliable markers for 3D superimposition and forensic human identification after palatal expansion? A systematic review. *Forensic Science International*, 351, 111814. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2023.111814>
- Fauziah, Y. A., Ida, B. N., & Eveline, Y. D. (2025). Integration of advanced technology in forensic odontology: revolutionizing identification and forensic analysis. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 3250-7. <https://doi.org/10.52711/0974-360X.2025.00468>
- Ferdous, M. d., Saifuddin, M., Tahsin, A. C., Md. Tahmid, H., & Shaikh, A. H. (2025). SST-HID: Scale-aware and shift-invariant teeth feature matching for human identification using OBB and SSIM. *Systems and Soft Computing*, 200402. <https://doi.org/10.1016/j.sasc.2025.200402>
- Fournier, G., Savall, F., Galibourg, A., Gély, L., Telmon, N., & Maret, D. (2020). Three-dimensional analysis of bitemarks: A validation study using an intraoral scanner. *Forensic Science International*, 309, 110198. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110198>
- Franco, A., Ibrahim, E., Canal, R., Silva, R. F., & Heit, O. F. J. (2024). On the forensic value of tattoos for human identification: a literature review. *Revista Brasileira de Odontologia Legal*, 11(1): 72-82. <https://doi.org/10.21117/rbol-v11n12024-531>
- Franco, A., Porto, L., Heng, D., Murray, J., & Lygate, A. (2022). Diagnostic performance of convolutional neural networks for dental sexual dimorphism. *Scientific Reports*, 12(1), 17279. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21294-1>
- Frois, A. P. R., Fernandes, G. M. & Carvalho, S. P. (2022). A importância da atuação do cirurgião dentista no instituto médico legal. [Trabalho de Conclusão de curso]. Bacharel em Odontologia. Faculdade de Inhumas FacMais. <http://65.108.49.104/xmlui>
- Galante, N., Cotroneo, R., Furci, D., Lodetti, G., & Casali, M. B. (2023). Applications of artificial intelligence in forensic sciences: Current potential benefits, limitations and perspectives. *International Journal of Legal Medicine*, 137(2), 445-58. <https://doi.org/10.1007/s00414-022-02928-5>
- Gottumukkala, S. N. V. S., Raju, S., Ramesh, K. S. V., Kumar, M., Rao, B., & Vivek, B. (2024). Dental implant morphological characteristics in forensic identification. *Trends in Biomaterials and Artificial Organs*, 38(1), 61-3
- Han, M.-Q., Jia, S.-X., & Wang, C.-X. (2020). Accuracy of the Demirjian, Willems and Nolla methods for dental age estimation in a northern Chinese population. *Archives of Oral Biology*, 118, 104875. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2020.104875>
- INTERPOL. (2023). *Guia de identificação de vítimas de desastres*. INTERPOL. <https://www.interpol.int>
- Karcioglu, A., Yilmaz, R. M., Yaganoglu, M., Almohammad, M., & Laloglu, A. (2025). Advancing forensic dentistry: A comprehensive review of machine learning and deep learning applications in dental image analysis. *Neural Computing and Applications*, 37(30), 24997-25032. <https://doi.org/10.1007/s00521-025-11612-9>

- Karim, K. T., Mohammad, D. A., & Baban, M. T. A. (2026). Sex estimation based on odontometry of maxillary anterior teeth and arch dimensions predicted by machine learning algorithms. *Journal of Forensic Sciences*. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.70282>
- Khan, M. A., Franco, A., & Mânica, S. (2023). Experts' opinion on the importance of therapeutic features for dental human identification using intraoral radiographs. *Forensic Imaging*, 32, 200531. <https://doi.org/10.1016/j.fri.2022.200531>
- Khan, M. S., Afridi, U., Ahmed, M. J., Zeb, B., Ullah, I., & Hassan, M. Z. (2024). Comprehensive evaluation of artificial intelligence applications in forensic odontology: a systematic review and meta-analysis. *IECE Transactions on Intelligent Systematics*, 1(3), 176-89. <https://doi.org/10.62762/TIS.2024.818917>
- Khanagar, S. B., Vishwanathaiah, S., Naik, S., Al-Kheraif, A. A., Divakar, D. D., & Sarode, S. C. (2021). Application and performance of artificial intelligence technology in forensic odontology - A systematic review. *Legal Medicine*, 48, 101826. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2020.101826>
- Kim, H.-S., Ha, E.-G., & Lee, A. (2023). Refinement of image quality in panoramic radiography using a generative adversarial network. *Dentomaxillofacial Radiology*, 52(5), 20230007. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20230007>
- Kim, I., Yang, S., Choi, Y., Kwon, H., Lee, C., & Park, W. (2025). Automated sex and age estimation from orthopantomograms using deep learning: a comparison with human predictions. *Forensic Science International*, 374, 112531. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2025.112531>
- Lee, S. J., Poon, J., & Jindarojanakul, A. (2025). Artificial intelligence in dentistry: exploring emerging applications and future prospects. *Journal of Dentistry*, 155, 105648. <https://doi.org/10.1016/j.ident.2025.105648>
- Lin, G. S. S., Ng, Y. S., & Ghani, N. N. A. (2023). Revolutionising dental technologies: A qualitative study on dental technicians' perceptions of artificial intelligence integration. *BMC Oral Health*, 23, 690. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03389-x>
- Lin, Y., Fan, F., & Zhang, J. (2023). DHI-GAN: Improving dental-based human identification using generative adversarial networks. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 34(12), 9700-12. <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2022.3159781>
- Machado, C. E., Deitos, A., Velho, J., & Cunha, E. (2022). Tratado de antropologia forense: Fundamentos e metodologias aplicadas à prática pericial (1ª ed.). Campinas: Editora Millennium.
- McGuinness, L. A. & Higgins, J. P. T. (2021). Risk-of-bias VISualization (robvis): an R package and Shiny web app for visualizing risk-of-bias assessments. *Research Synthesis Methods*, 12, 55-61. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1411>
- Moga, L. I., Moca, A. E., Iurcov, R., Slăvescu, D., & Vaida, L. L. (2025). Evaluating the Nolla method for dental age estimation in children from northwestern Romania. *Children*, 12(1), 69. <https://doi.org/10.3390/children12010069>
- Mohammad, N., Ahmad, R., Kurniawan, A., & Mohd Yusof, M. Y. P. (2022). Applications of contemporary artificial intelligence technology in forensic odontology as primary forensic identifier: a scoping review. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 5, 1049584. <https://doi.org/10.3389/frai.2022.1049584>
- Moraes, C., Lira, J. L., Dias, P. E. M., Machado, M. P. S., Beaini, T. L., & Guimarães, M. A. (2022). A aproximação facial 3D de São Vicente de Paulo. *figshare*. <https://figshare.com>
- Mouncif, H., Kassimi, A., Gardelle, T. B., Tairi, H., & Riffi, J. (2025). 3D tooth identification for forensic dentistry using deep learning. *BMC Oral Health*, 25(1), 665. <https://doi.org/10.1186/s12903-025-06017-y>
- Murray, J., Heng, D., Lygate, A., et al. (2024). Applying artificial intelligence to determination of legal age of majority from radiographic data. *Morphologie*, 108(360), 100723. <https://doi.org/10.1016/j.morpho.2023.100723>
- Namiki, S., Makino, Y., Iwase, H., et al. (2026). Development of a novel method for estimating the missing mandible using three-dimensional homologous models. *International Journal of Legal Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s00414-025-03711-y>
- Navya, N., Radha Krishna, B. R., Sharma, S. C., et al. (2024). Highly efficient Dy3+ activated Sr9Al6O18 nanophosphors for W-LEDs, optical thermometry and deep learning-based intelligent system for personal identification applications. *Inorganic Chemistry Communications*, 169, 113138. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2024.113138>
- Oliveira, M. L., Yang, S., & Sampaio-Oliveira, M. (2026). Multi-task deep learning for sex and age estimation from panoramic radiographs in a Brazilian young population. *International Dental Journal*, 76(2), 109381. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2025.109381>
- Ouzzani, M., Hammady, H., Fedorowicz, Z., & Elmagarmid, A. (2016). Rayyan-a web and mobile app for systematic reviews. *Sys Rev*, 5, 210. <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>

- Öztürk, H., İpek, E. D., & Tuzcu, G. (2025). Sex prediction based on mandibular morphometry using machine learning algorithms. *Meandros Medical and Dental Journal*, 26(4), 481-9. <https://doi.org/10.69601/meandrosmdj.1789340>
- Paris, L. M. L., Moritsugui, D. S., & Melani, R. F. H. (2020). Reconstrução facial forense digital: Uma revisão sobre o emprego da técnica. *RBOL*, 7(1). <https://portalabol.com.br/rbol>
- Park, S.-J., Yang, S., & Kim, J.-M. (2024). Automatic and robust estimation of sex and chronological age from panoramic radiographs using a multi-task deep learning network: a study on a South Korean population. *International Journal of Legal Medicine*, 138(4), 1741-57. <https://doi.org/10.1007/s00414-024-03204-4>
- Patil, V., Vineetha, R., Vatsa, S., Shetty, D. K., Raju, A., & Naik, N. (2020). Artificial neural network for gender determination using mandibular morphometric parameters: a comparative retrospective study. *Cogent Engineering*, 7(1), 1723783. <https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1723783>
- Pereira, A. L., Nascimento Neto, C. D., Borges, K. F. L., Souza, C. M., Magioni, M. G. L. K., & Baggieri, B. R. (2019). Inteligência artificial como ferramenta para identificação humana em odontologia legal. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 82-96. <https://periodicos.ufes.br/bipe>
- Pereira, C. P. (2026). AI decision support in forensic dental age assessment: Proposed criteria for living individuals. *International Journal of Legal Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s00414-026-03723-2>
- Pereira, C. P., Carvalho, R., Augusto, D., Almeida, T., Francisco, A. P., & Silva, F. S. E. (2025). Development of artificial intelligence-based algorithms for the process of human identification through dental evidence. *International Journal of Legal Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s00414-025-03453-x>
- Radu, C. C., Hogeia, T., Carașca, C., & Radu, C.-M. (2025). Forensic odontology in the digital era: a narrative review of current methods and emerging trends. *Diagnostics*, 15(20), 2550. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15202550>
- Ramnarayan, B. K., Luke, A. M., Vidya, M. A., & Shetty, K. P. (2026). Artificial intelligence-driven dentistry: A systematic review of ethical and legal challenges. *International Journal of Dentistry*, 2026(1), 1870800. <https://doi.org/10.1155/ijod/1870800>
- Reesu, G. V., Mânica, S., Revie, G. F., Brown, N. L., & Mossey, P. A. (2020). Forensic dental identification using two-dimensional photographs of a smile and three-dimensional dental models: a 2D–3D superimposition method. *Forensic Science International*, 313, 110361. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110361>
- Reichenbach, S. E. (2022). GC×GC data visualization, processing, and analysis. In *Comprehensive Analytical Chemistry*, (96), Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.coac.2021.10.006>
- Rokhshad, R., Ducret, M., & Chaurasia, A. (2023). Ethical considerations on artificial intelligence in dentistry: a framework and checklist. *Journal of Dentistry*, 135, 104593. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104593>
- Sabelli, A. F., Chatterjee, P., & Pollo-Cattaneo, M. F. (2021). Predictive modeling toward identification of sex from lip prints—machine learning in cheiloscopy. *CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org)*, 29-43. <https://ceur-ws.org>
- Sabelli, A., Chatterjee, P., & Pollo-Cattaneo, M. F. (2022). Predictive modeling toward the design of a forensic decision support system using cheiloscopy for identification from lip prints. In H. Florez & H. Gomez (Eds.), *Applied Informatics (1643), Communications in Computer and Information Science*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-19647-8_26
- Sarhan, S., Badran, A., & Ghalwash, D. (2025). Perception, usage, and concerns of artificial intelligence applications among postgraduate dental students: cross-sectional study. *BMC Medical Education*, 25, 856. <https://doi.org/10.1186/s12909-025-07544-6>
- Silva, A. A. da. (2024). Vieses em modelos de redes neurais do setor financeiro: Uma análise comparativa entre sistemas de IA no Brasil e de Portugal [Tese de doutorado]. *Universidade de Coimbra*. <https://repositorio.pucsp.br/jspui>
- Siwan, D., Krishan, K., Sharma, V., & Garg, A. K. (2025). A novel approach of developing machine learning based models for the prediction of facial dimensions from dental parameters. *Scientific Reports*, 15(1), 41047. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-24926-4>
- Solomon, A. S. & Vasudevan, P. (2023). BiOCl: Dy3+/Ba2+ nanophosphors: Synthesis, luminescence characteristics and applications in latent fingerprint detection and cheiloscopy. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 442, 114767. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2023.114767>
- Sousa, K. A. (2019). Conhecimento acadêmico sobre o uso da marca de mordida na identificação humana. <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui>
- Sterne, J. A. C., McAleenan, A., Reeves, B. C., & Higgins, J. P. T. (2019). Chapter 25: Assessing risk of bias in a non-randomized study. In J. P. T. Higgins, J.

Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, T. Li, M. J. Page, & V. A. Welch (Eds.), *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* (version 6.0, updated July 2019). *Cochrane*.
<https://www.training.cochrane.org/handbook>

Supriyadi, M. R., Samah, A. B. A., Majid, H. A., & Muliadi, J. (2024). A systematic review: The utilization of artificial intelligence in forensic odontology. *2024 International Conference on Computer, Control, Informatics and its Applications (IC3INA)*, 139-44.
<https://doi.org/10.1109/IC3INA64086.2024.10732863>

Thurzo, A., Jančovičová, V., Hain, M., Thurzo, M., Novák, B., & Kosnáčová, H. (2022). Human remains identification using micro-CT, chemometric and AI methods in forensic experimental reconstruction of dental patterns after concentrated sulphuric acid significant impact. *Molecules*, 27(13), 4035.
<https://doi.org/10.3390/molecules27134035>

Thurzo, A., Kosnáčová, H. S., Kurilová, V., Kosmel', S., Beňuš, R., & Moravanský, N. (2021). Use of advanced artificial intelligence in forensic medicine, forensic anthropology and clinical anatomy. *Healthcare*, 9(11), 1545.
<https://doi.org/10.3390/healthcare9111545>

Toneva, D., Nikolova, S., Agre, G., Zlatareva, D., Hadjidekov, V., & Lazarov, N. (2021). Machine learning approaches for sex estimation using cranial measurements. *International Journal of Legal Medicine*, 135(3), 951-66.
<https://doi.org/10.1007/s00414-020-02460-4>

Turosz, N., Chęcińska, K., Chęciński, M., Brzozowska, A., Nowak, Z., & Sikora, M. (2023). Applications of artificial intelligence in the analysis of dental panoramic radiographs: an overview of systematic reviews. *Dentomaxillofacial Radiology*, 52(7), 20230284. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20230284>

Uribe, S. E., Hamdan, M. H., & Valente, N. A. (2025). Evaluating dental AI research papers: key considerations for editors and reviewers. *Journal of Dentistry*, 160, 105867.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105867>

Uribe, S. E., Issa, J., & Sohrabniya, F. (2024). Publicly available dental image datasets for artificial intelligence. *Journal of Dental Research*, 103(13), 1365-74.
<https://doi.org/10.1177/00220345241272052>

Verkhovskiy, A. E., Apresyan, S. V., & Stepanov, A. G. (2024). A review of modern digital personal identification methods using artificial intelligence technology in forensic dentistry. *Stomatology*, 103(6), 79.
<https://doi.org/10.17116/stomat202410306179>

Vodanović, M., Subašić, M., Milošević, D., Galić, I., & Brkić, H. (2023). Artificial intelligence in forensic

medicine and forensic dentistry. *The Journal of Forensic Odonto-Stomatology*, 41(2), 30.
<https://www.cochrane.org>

Wang, J., Dou, J., Han, J., Li, G., & Tao, J. (2023). A population-based study to assess two convolutional neural networks for dental age estimation. *BMC Oral Health*, 23(1), 109.
<https://doi.org/10.1186/s12903-023-02817-2>

Yang, S., Kim, K.-D., Arijji, E., & Kise, Y. (2024). Generative adversarial networks in dental imaging: A systematic review. *Oral Radiology*, 40(2), 93-108.
<https://doi.org/10.1007/s11282-023-00719-1>

Yang, S., Kim, K.-D., Arijji, E., Takata, N., & Kise, Y. (2023). Evaluating the performance of generative adversarial network-synthesized periapical images in classifying C-shaped root canals. *Scientific Reports*, 13(1), 18038.
<https://doi.org/10.1038/s41598-023-45290-1>

Ziar, N., Pakshir, H. R., Alamdarloo, Y., & Ajami, S. (2023). Characteristic changes of the palatal rugae following orthodontic treatment. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 13(1), 14.
<https://doi.org/10.1186/s41935-023-00334-5>