INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO DIAGNÓSTICO POR IMAGEM NA ENDODONTIA: REVISÃO INTEGRATIVA

CAROLINA KAMINSKI SANZ[1]; NATHALIA GOMES DE OLIVEIRA[1]; EDUARDA CALISTO DE ALMEIDA[1]*

[1]Afya Unigranrio, Duque de Caxias, Rio de Janeiro, Brasil.

*E-mail da autora correspondente: eduardacalisto@hotmail.com

RESUMO

A inteligência artificial (IA) vem sendo incorporada à imaginologia odontológica como recurso auxiliar na interpretação de radiografias e tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC). Esta revisão integrativa teve como objetivo analisar as principais aplicações da IA no diagnóstico endodôntico por imagem, bem como seu desempenho e suas limitações. A busca foi realizada na base PubMed/MEDLINE e contemplou publicações de janeiro de 2020 a agosto de 2026, localizadas por termos relacionados à inteligência artificial, ao aprendizado profundo, à Endodontia, à radiografia e à TCFC. Foram considerados estudos originais e revisões sobre a detecção de alterações periapicais, a anatomia do sistema de canais radiculares, as fraturas, as reabsorções e a interpretação de imagens endodônticas. Seis publicações compuseram a síntese. De modo geral, os estudos apresentaram resultados favoráveis para a identificação e a segmentação de lesões periapicais, o reconhecimento de canais complexos e a detecção de fraturas radiculares. Em determinados cenários, o auxílio dos modelos também melhorou o desempenho e a concordância entre examinadores menos experientes. Esses achados devem ser interpretados com cautela, pois os bancos de imagens são heterogêneos e ainda há pouca validação externa e multicêntrica. Somam-se a isso o risco de sobreajuste e a dificuldade de compreender como alguns algoritmos chegam aos resultados. A IA pode tornar a interpretação das imagens endodônticas mais ágil e padronizada, mas deve permanecer associada à avaliação clínica e ao julgamento do cirurgião-dentista. Antes de sua adoção mais ampla, são necessários estudos prospectivos e multicêntricos que incluam diferentes populações, equipamentos e protocolos de aquisição.

Palavras-chave: Inteligência artificial. Endodontia. Diagnóstico por imagem. Tomografia computadorizada de feixe cônico. Aprendizado profundo.

ABSTRACT

Artificial intelligence (AI) has been incorporated into dental imaging as an adjunct to the interpretation of radiographs and cone-beam computed tomography (CBCT) scans. This integrative review aimed to analyze the main applications of AI in image-based endodontic diagnosis, as well as its performance and limitations. PubMed/MEDLINE was searched for publications from January 2020 to August 2026 using terms related to artificial intelligence, deep learning, Endodontics, radiography, and CBCT. Original studies and reviews addressing the detection of periapical changes, root canal system anatomy, fractures, resorptions, and the interpretation of endodontic images were considered. Six publications were included in the synthesis. Overall, the studies reported favorable results for the identification and segmentation of periapical lesions, the recognition of complex canals, and the detection of root fractures. In specific settings, model assistance also improved the performance and agreement of less experienced examiners. These findings should be interpreted cautiously because imaging datasets are heterogeneous and external and multicenter validation remains limited. Other concerns include overfitting and the difficulty of understanding how some algorithms reach their results. AI may make endodontic image interpretation faster and more consistent, but it should remain combined with clinical assessment and the dentist's judgment.

Before broader adoption, prospective multicenter studies involving different populations, devices, and acquisition protocols are needed.

Keywords: Artificial intelligence. Endodontics. Diagnostic imaging. Cone-beam computed tomography. Deep learning.

1 INTRODUÇÃO

O diagnóstico endodôntico resulta da análise conjunta da história clínica, do exame físico, dos testes pulpares e periapicais e dos exames de imagem. Em algumas situações, alterações periapicais, fraturas radiculares, reabsorções e variações anatômicas produzem sinais discretos ou ficam parcialmente encobertas pela sobreposição de estruturas. Isso pode dificultar a interpretação e explicar parte da divergência observada entre examinadores. A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) reduz algumas limitações das imagens bidimensionais ao permitir a avaliação tridimensional das estruturas dentárias e periapicais. Ainda assim, a qualidade do diagnóstico depende do protocolo de aquisição, da presença de artefatos e da experiência do profissional responsável pela leitura do exame.

Nos últimos anos, diferentes métodos de inteligência artificial (IA), sobretudo redes neurais convolucionais e modelos de aprendizado profundo, passaram a ser investigados como auxiliares nessa etapa. Esses sistemas podem ser treinados para localizar, classificar ou segmentar estruturas em radiografias e volumes tomográficos. Na Endodontia, as pesquisas concentram-se na identificação de lesões periapicais, canais adicionais, anatomias complexas, fraturas e reabsorções, além da mensuração do comprimento de trabalho e da avaliação de tratamentos. Embora o número de publicações tenha aumentado, o bom desempenho obtido em bases experimentais nem sempre se repete em condições clínicas distintas.[1,2]

O tema também interessa a outras áreas, pois reúne conhecimentos de Endodontia, Radiologia Odontológica, ciência de dados, engenharia biomédica, educação em saúde, ética e proteção de dados. Essa aproximação é necessária porque um algoritmo não depende apenas de sua arquitetura: a origem das imagens, os critérios de anotação, os equipamentos utilizados e as características da população influenciam seus resultados. Modelos desenvolvidos em bases restritas podem perder desempenho quando aplicados em outros serviços ou países e, dessa forma, reproduzir desigualdades já existentes. Diante desse cenário, esta revisão analisou as aplicações da IA no diagnóstico endodôntico por imagem, seu desempenho, suas limitações metodológicas e os desafios éticos relacionados à sua utilização.

2 MÉTODO

Foi realizada uma revisão integrativa da literatura, organizada nas seguintes etapas: definição da questão norteadora, estabelecimento dos critérios de elegibilidade, busca

bibliográfica, seleção dos estudos, extração das informações, avaliação crítica e síntese dos achados. A questão que orientou o trabalho foi: quais são as aplicações, o desempenho e as limitações da inteligência artificial no diagnóstico endodôntico por imagem?

A busca foi realizada em 19 de agosto de 2026 na base PubMed/MEDLINE. Utilizou-se a seguinte estratégia: (“artificial intelligence” OR “deep learning” OR “machine learning”) AND (endodontics OR endodontic) AND (radiography OR “cone-beam computed tomography” OR CBCT OR imaging). Foram consideradas publicações disponíveis entre janeiro de 2020 e agosto de 2026, nos idiomas português, inglês ou espanhol.

Foram incluídos estudos originais, revisões sistemáticas, revisões de escopo e artigos de atualização que investigaram o uso da IA em imagens com finalidade endodôntica. Excluíram-se duplicatas, resumos sem informações suficientes, estudos voltados exclusivamente à Dentística ou à Periodontia, trabalhos sem aplicação diagnóstica por imagem e publicações sem relação direta com a Endodontia. Inicialmente, foram examinados os títulos e os resumos. Em seguida, os textos considerados pertinentes foram lidos integralmente. As informações foram organizadas de acordo com autor, ano de publicação, modalidade de imagem, tarefa desempenhada pelo algoritmo, aplicação endodôntica e resultado principal. Ao final, seis publicações compuseram a síntese. Por se tratar de uma revisão baseada exclusivamente em trabalhos publicados, não houve participação direta de seres humanos nem utilização de prontuários ou imagens pertencentes às autoras.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos foram reunidos em quatro núcleos temáticos: alterações periapicais; anatomia e segmentação do sistema de canais radiculares; fraturas e reabsorções; e apoio à decisão e à educação. As redes neurais convolucionais foram os modelos mais frequentes. Houve, porém, ampla variação no tamanho das amostras, nos padrões de referência, nos equipamentos, nos protocolos tomográficos e nas estratégias de validação. Por esse motivo, as métricas apresentadas pelos diferentes estudos não devem ser comparadas sem considerar as condições em que cada modelo foi desenvolvido e testado.[1,3]

Aplicação	Imagem	Contribuição	Limitação recorrente
Lesões periapicais	Radiografia e TCFC	Detecção, localização e segmentação volumétrica	Amostras retrospectivas e diferenças entre padrões de referência
Anatomia de canais	TCFC	Identificação de MB2 e canais em C; segmentação tridimensional	Dependência do equipamento, voxel e qualidade da anotação
Fraturas radiculares	Radiografia, panorâmica e TCFC	Triagem de padrões sugestivos e apoio ao examinador	Artefatos de materiais, pequenas amostras e sobreajuste

Aplicação	Imagem	Contribuição	Limitação recorrente
Reabsorções	Radiografia e TCFC	Localização e classificação de defeitos radiculares	Poucos estudos clínicos e baixa validação externa
Educação e decisão	Múltiplas modalidades	Maior consistência e apoio a profissionais menos experientes	Risco de confiança excessiva e baixa explicabilidade

Quadro 1 – Síntese das aplicações da IA no diagnóstico endodôntico por imagem. Fonte: elaboração própria.

3.1 ALTERAÇÕES PERIAPICAIS

A detecção de alterações periapicais está entre as aplicações mais estudadas. Orhan et al.[4] avaliaram 153 lesões em exames de TCFC, das quais 142 foram identificadas pelo sistema, o que correspondeu a 92,8%. Os autores também encontraram concordância entre a mensuração volumétrica automatizada e a segmentação manual. Esses resultados sugerem utilidade como ferramenta de triagem ou segunda leitura, sobretudo diante de alterações discretas e grandes volumes de exames. Ainda assim, o reconhecimento de um padrão radiográfico não equivale, por si só, ao diagnóstico pulpar ou periapical, que continua dependente da correlação com os achados clínicos.

3.2 ANATOMIA DO SISTEMA DE CANAIS

Na análise da anatomia, os modelos têm sido empregados para reconhecer canais adicionais, segmentar estruturas e identificar variações que podem interferir no tratamento. Lin et al.[5] desenvolveram um modelo para detectar o segundo canal mesiovestibular em primeiros molares superiores por meio de TCFC. O sistema apresentou sensibilidade de 0,84, especificidade de 0,86 e área sob a curva de 0,85. A assistência do modelo também melhorou o desempenho e a concordância entre examinadores menos experientes. Entretanto, diferenças no tamanho do voxel, no campo de visão, nos artefatos e nos protocolos de aquisição podem modificar esses resultados quando o sistema é utilizado fora da base em que foi treinado.

3.3 FRATURAS, REABSORÇÕES E SUPORTE À DECISÃO

A identificação de fraturas radiculares verticais permanece difícil, principalmente em dentes obturados ou com pinos, nos quais os artefatos podem ocultar ou simular linhas de fratura. Uma revisão sistemática recente encontrou resultados favoráveis para modelos aplicados a radiografias panorâmicas, periapicais e exames de TCFC, sobretudo em condições controladas.[6] Os autores, contudo, chamaram atenção para amostras pequenas, métodos heterogêneos, risco de sobreajuste e ausência de validação clínica ampla. Para as reabsorções, as revisões gerais sobre IA em Endodontia indicam resultados iniciais promissores, mas as evidências ainda são limitadas.[2,3] Dessa forma, um valor elevado de acurácia em uma base interna não garante o mesmo desempenho em pacientes atendidos em outros centros.

3.4 IMPLICAÇÕES ÉTICAS, EDUCACIONAIS E GLOBAIS

A utilização clínica da IA envolve questões que ultrapassam seu desempenho diagnóstico. A origem e a qualidade dos dados, a rastreabilidade, a segurança das informações e a definição da responsabilidade profissional precisam ser consideradas desde o desenvolvimento do modelo. A anonimização reduz o risco de identificação do paciente, mas não elimina a necessidade de avaliação ética quando imagens clínicas são coletadas ou analisadas em uma pesquisa. Outro desafio é a limitada explicabilidade de muitos sistemas. Quando o profissional não consegue compreender os fatores que influenciaram o resultado, aumenta o risco de aceitar uma resposta incorreta apenas porque ela foi produzida pelo algoritmo.[2,3]

Na formação profissional, esses recursos podem auxiliar no treinamento da interpretação radiográfica, oferecer retorno imediato e apresentar diferentes situações clínicas. Seu uso, porém, deve estimular a análise crítica, e não a dependência tecnológica. Também é necessário discutir a representatividade dos bancos de imagens. Bases provenientes de poucos países, de serviços com maior disponibilidade tecnológica ou de equipamentos específicos podem não refletir a diversidade anatômica, epidemiológica e estrutural encontrada em outros contextos. Estudos multicêntricos e validações externas são, portanto, etapas importantes para uma utilização mais segura e equitativa.[2,3]

4 CONCLUSÃO

Os estudos analisados indicam que a inteligência artificial pode auxiliar na detecção de alterações periapicais, no reconhecimento de anatomias complexas e na identificação de fraturas e reabsorções radiculares. Os resultados mais favoráveis, entretanto, foram obtidos principalmente em ambientes controlados e com bases específicas. Por essa razão, a IA não deve substituir a avaliação clínica nem a interpretação realizada pelo cirurgião-dentista. Sua incorporação à rotina depende de validações externas e multicêntricas, bancos de imagens representativos, maior transparência dos modelos, proteção dos dados e capacitação profissional. No estágio atual, seu papel mais adequado é o de ferramenta complementar à tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

1. Khanagar SB, Alfadley A, Alfouzan K, Awawdeh M, Alaqla A, Jamleh A. Developments and performance of artificial intelligence models designed for application in endodontics: a systematic review. Diagnostics (Basel). 2023;13(3):414. doi:10.3390/diagnostics13030414.

2. Setzer FC, Li J, Khan AA. The use of artificial intelligence in endodontics. J Dent Res. 2024;103(9):853-862. doi:10.1177/00220345241255593.

3. Ourang SA, Sohrabniya F, Mohammad-Rahimi H, Dianat O, Aminoshariae A, Nagendrababu V, et al. Artificial intelligence in endodontics: fundamental principles, workflow, and tasks. Int Endod J. 2024;57(11):1546-1565. doi:10.1111/iej.14127.

4. Orhan K, Bayrakdar IS, Ezhov M, Kravtsov A, Özyürek T. Evaluation of artificial intelligence for detecting periapical pathosis on cone-beam computed tomography scans. Int Endod J. 2020;53(5):680-689. doi:10.1111/iej.13265.

5. Lin J, Liu J, Jiang Y, Liu Y, Wen B, Li S, et al. Deep learning-based detection of the second mesiobuccal canal in maxillary first molars using cone-beam computed tomography. BMC Oral Health. 2026;26(1):974. doi:10.1186/s12903-026-08207-8.

6. Alshahrani AS, Alelyani AA, Jabali A, Al Malwi AA, Alroomy R, Shaiban AS, et al. Use of artificial intelligence in diagnosing vertical root fractures: a systematic review. Diagnostics (Basel). 2026;16(3):406. doi:10.3390/diagnostics16030406.