www.revistaft.com.br

Revista FT | ISSN 1678-0817 | v.30, n.163, 2026 | DOI: 10.69849/px5ase87

Avaliação do uso de prompt estruturado para auxiliar o diagnóstico pulpar em endodontia

Evaluation of structured prompt use to assist pulp diagnosis in endodontics

Elielson Melo Queiroz[1]
Jaime Pereira de Jesus Neto[2]
Lucas Henrique Reis Bezerra[3]
Marcilio Oliveira Melo[4]
Sanmyo Martins Oliveira[5]
Matheus Araújo Brito Santos Lopes[6]

Resumo

O estudo analisou a contribuição do uso de *prompts* estruturados em modelos de inteligência artificial como ferramenta auxiliar no diagnóstico pulpar e perirradicular na prática endodôntica. A metodologia caracterizou-se como uma pesquisa aplicada de caráter teórico-propositivo associada a uma revisão integrativa da literatura, além da aplicação prática de três casos clínicos com diferentes níveis de complexidade. Os cenários foram submetidos em três repetições consecutivas nas plataformas ChatGPT, Manus, Gemini e Claude, totalizando múltiplos ciclos de teste avaliados segundo critérios de acurácia, justificativa lógica, severidade de erro, latência, repetibilidade, formato, ausência de alucinações e limitações metodológicas. Os resultados demonstraram concordância diagnóstica integral com as diretrizes internacionais da Associação Americana de Endodontia e da Sociedade Europeia de Endodontia em todos os modelos. A parametrização das entradas mostrou-se determinante para eliminar alucinações e mitigar erros clínicos de risco. Observou-se elevada consistência interna entre as tentativas e fundamentação teórica sólida, embora tenham ocorrido variações na latência de resposta e na estrutura de apresentação entre as plataformas. Conclui-se que os modelos de inteligência artificial, impulsionados pela engenharia de *prompts* estruturados, possuem elevada acurácia e maturidade técnica para atuar como sistemas preditivos de suporte decisório e segunda opinião clínica. Contudo, a ausência da análise visual direta de exames de imagem reforça o caráter estritamente auxiliar da tecnologia, permanecendo a conduta soberana sob responsabilidade do cirurgião-dentista.

[1] Afya Centro Universitátio Uninovafapi – Teresina – Piauí – Brasil. : https://orcid.org/0009-0005-0827-2945
[2] Afya Centro Universitátio Uninovafapi – Teresina – Piauí – Brasil.: https://orcid.org/0009-0001-9831-5734
[3] Afya Centro Universitátio Uninovafapi – Teresina – Piauí – Brasil.: https://orcid.org/0009-0002-6919-1928
[4] Afya Centro Universitátio Uninovafapi – Teresina – Piauí – Brasil.: https://orcid.org/0000-0002-1842-4253
[5] Afya Centro Universitátio Uninovafapi – Teresina – Piauí – Brasil.: https://orcid.org/0000-0002-7518-0507
[6] Afya Centro Universitátio Uninovafapi – Teresina – Piauí – Brasil.: https://orcid.org/0000-0002-9899-8600

Palavras-Chave: Endodontia; Diagnóstico pulpar; Inteligência artificial; Prompts estruturados; Tomada de decisão clínica.

Abstract

This study explores the current developments and applications of emerging technologies in modern information processing, focusing on system optimization, data efficiency, and user experience enhancement. As digital environments become increasingly complex, the demand for scalable, low-latency architectures and intelligent processing models has grown exponentially. Through a multi-faceted analytical approach, this research evaluates state-of-the-art framework integration, operational benchmarks, and algorithmic performance across diverse data environments. The findings indicate that tailored technological strategies significantly improve resource utilization, decrease latency, and enhance system adaptability. Ultimately, this work offers a comprehensive foundational framework for researchers and practitioners aiming to design resilient, next-generation digital platforms.

Keywords: Artificial Intelligence, Data Optimization, System Architecture, Information Processing, Digital Transformation, Scalability.

1 Introdução

A prática endodôntica diária exige do cirurgião-dentista rigor científico e precisão minuciosa na condução do raciocínio propedêutico, sendo a correta identificação da condição pulpar e perirradicular o fator determinante para o sucesso do plano de tratamento e para a preservação do elemento dental. Contudo, a dependência de exames subjetivos, a variabilidade na interpretação de sintomas e a divergência de critérios entre profissionais de diferentes níveis de experiência frequentemente introduzem vieses no processo diagnóstico (SETZER; LI; KHAN, 2024). Essa complexidade inerente à semiologia endodôntica reforça a necessidade urgente de ferramentas de suporte analítico capazes de padronizar critérios e mitigar incertezas no cotidiano clínico.

Nesse cenário de transição digital, as aplicações da inteligência artificial têm reconfigurado a prática na saúde e na odontologia. Na endodontia, os avanços têm sido notáveis, com estudos demonstrando que os resultados obtidos por modelos computacionais são comparáveis aos de especialistas, especialmente em amostras específicas e no suporte diagnóstico (AGRAWAL et al., 2022; KHANAGAR et al., 2023). Tais recursos revelam-se ferramentas de grande potencial clínico, otimizando fluxos e contribuindo de forma decisiva para uma prática odontológica mais moderna, eficiente e fundamentada em evidências (TOLEDO, 2024).

Embora a literatura venha demonstrando a aplicabilidade da inteligência artificial como recurso complementar no apoio à decisão clínica e no suporte diagnóstico abrangendo desde a

identificação de alterações anatômicas até o desempenho de modelos conversacionais na avaliação das condições pulpares e perirradiculares (DE MOURA et al., 2024), observa-se ainda uma lacuna expressiva quanto à padronização dessas interações. Especificamente, a utilização sistemática de *prompts* estruturados voltados para guiar o raciocínio propedêutico e reduzir a variabilidade na interpretação diagnóstica permanece como um campo pouco explorado, demandando investigações metodológicas que comprovem sua repetibilidade, segurança e alinhamento com os consensos clínicos vigentes.

O diagnóstico pulpar é fundamental na endodontia, mas a subjetividade na interpretação de sinais e exames ainda gera divergências entre profissionais. Nesse contexto, para Fouad et al. (2025), os avanços tecnológicos consolidam a relevância da inteligência artificial no suporte às práticas diagnósticas e preditivas, favorecendo a eficiência clínica e a segurança. O objetivo deste trabalho é analisar a contribuição do uso de *prompts* estruturados em inteligência artificial como ferramenta auxiliar no diagnóstico pulpar em endodontia, verificando sua aplicabilidade, acurácia, comparação com especialistas e o impacto na padronização diagnóstica. A pesquisa justifica-se pela relevância científica de explorar uma inovação pouco abordada na Odontologia, com potencial prático de reduzir falhas e otimizar atendimentos.

2 Revisão da Literatura

2.1 História da Inteligência Artificial

O cérebro humano constitui uma das estruturas mais complexas da natureza e tem despertado o interesse investigativo sobre os mecanismos que regem o seu funcionamento ao longo da história (AGRAWAL et al., 2022). O conceito de inteligência artificial remonta a períodos remotos, encontrando em textos antigos, como os Vedas, elaborados entre 1500 a.C. e 500 a.C., referências preliminares a estruturas concebidas para mimetizar funções humanas (PRABHU et al., 2024). Essa trajetória evolutiva ganhou impulso decisivo com Alan Turing (1950), que propôs investigar se uma máquina poderia se expressar de modo indistinguível de um ser humano, formulando o Teste de Turing como marco conceitual na avaliação de comportamentos computacionais inteligentes (DOURADO, 2023).

A consolidação formal desse campo de estudo avançou com o desenvolvimento do *The Logic Theorist* por Allen Newell e Herbert Simon, em 1955, reconhecido como o pioneiro dos softwares de simulação cognitiva (PRABHU et al., 2024), e com a introdução oficial do termo "inteligência artificial" por John McCarthy, em 1956 (ORSINI et al., 2025). A partir desses marcos, o aprimoramento dos algoritmos passou a permitir que sistemas computacionais

processassem dados e aprendessem sem programação explícita. Com a expansão digital intensificada a partir da década de 2010 nos centros urbanos, o uso massivo de dados reconfigurou profundamente as dinâmicas sociais, profissionais e o próprio panorama da saúde (MACHADO, 2025).

Apesar de décadas de inovações tecnológicas contínuas, a compreensão exata sobre o que constitui a inteligência permanece como objeto de constante debate científico, manifestando-se em diferentes graus e formas entre seres vivos e sistemas computacionais (DOURADO, 2023). Essa evolução conceitual e histórica fundamenta a base técnica necessária para a compreensão dos recursos algorítmicos modernos aplicados à assistência clínica contemporânea.

2.2 IA aplicada à Odontologia

Na prática odontológica, o cirurgião-dentista busca aplicar seu conhecimento técnico e científico para estabelecer diagnósticos precisos e definir condutas terapêuticas adequadas, embora encontre limitações de tempo e conhecimento em cenários complexos. Diante dessa demanda por suporte decisório, os sistemas baseados em inteligência artificial configuram-se como ferramentas auxiliares capazes de aprimorar a eficiência e a qualidade do atendimento ao paciente (SAVEGNAGO et al., 2024). Dentre essas inovações, destaca-se o aprendizado de máquina (*machine learning*), cuja capacidade de analisar grandes volumes de dados eleva a acurácia no diagnóstico de doenças bucais, como cáries e câncer oral, superando, em determinados contextos, a avaliação visual de profissionais experientes (NEVES NETO; CAMARDELA; CARVALHO, 2025).

A aplicação desses recursos tecnológicos tem transformado significativamente o cotidiano clínico, automatizando tarefas administrativas e fornecendo respostas automáticas a dúvidas frequentes, o que permite aos profissionais concentrarem maior tempo na interação direta com os pacientes. Ao analisar prontuários, históricos e dados odontológicos, os algoritmos inteligentes identificam padrões e auxiliam na tomada de decisões baseadas em evidências, reduzindo erros operacionais e otimizando os fluxos de trabalho na rotina dos consultórios (DHOPTE; BAGDE, 2023). O uso dessa tecnologia na Odontologia tem crescido de forma expressiva, oferecendo benefícios relevantes, como maior precisão diagnóstica e eficiência nos atendimentos, embora ainda enfrente desafios éticos e legais relacionados à proteção de dados e à responsabilidade civil em caso de falhas (TOLEDO, 2024).

Com o avanço dessas ferramentas, os profissionais da área têm a oportunidade de aprimorar suas práticas clínicas, tornando os tratamentos mais acessíveis, personalizados e

integrados a uma odontologia cada vez mais digital. Em síntese, na periodontia, algoritmos têm sido usados para identificar perda óssea e prever a progressão da doença, enquanto na medicina oral e patologia destacam-se na detecção precoce de cânceres orais e de cabeça e pescoço. Já na área de dores orofaciais, disfunções temporomandibulares e apneia do sono, os modelos melhoram a diferenciação diagnóstica, consolidando a inteligência artificial como uma ferramenta essencial para a precisão diagnóstica e o cuidado integrado ao paciente (SAMARANAYAKE et al., 2025).

2.3 IA aplicada à Endodontia

O avanço da inteligência artificial na endodontia tem transformado de forma expressiva a condução de diagnósticos e tratamentos clínicos. Essa tecnologia possibilita identificar com precisão a anatomia interna dos canais radiculares, reconhecer fraturas verticais e determinar o comprimento de trabalho com alta exatidão, superando em diversos cenários as limitações da percepção visual humana. Os algoritmos inteligentes também auxiliam na interpretação de imagens radiográficas e na previsão de resultados clínicos, permitindo que os profissionais desenvolvam planos de tratamento mais individualizados e eficazes, o que se reflete diretamente na melhoria do atendimento e na segurança do paciente (ASGARY, 2024).

Além de refinar o diagnóstico, essas ferramentas digitais contribuem para o planejamento terapêutico e para a execução dos procedimentos, oferecendo suporte em tempo real e reduzindo erros clínicos. Ao analisar os dados do paciente, os modelos computacionais podem prever o melhor curso de ação e alertar sobre possíveis complicações durante a intervenção, enquanto pesquisas com grandes bases de dados comprovam a confiabilidade dessas soluções. A IA tem ampliado o entendimento da morfologia radicular e do sistema de canais, destacando-se em estudos recentes que estimam variações anatômicas complexas com índices elevados de precisão, superando inclusive especialistas em análises com cadáveres (ASGARY, 2024; PARINITHA et al., 2024).

Nos retratamentos endodônticos e na endodontia regenerativa, as soluções baseadas em inteligência artificial mostram-se essenciais ao analisar grandes volumes de dados para reconhecer padrões complexos e auxiliar no desenvolvimento de terapias avançadas, como a previsão de sobrevivência celular. Contudo, Setzer, Li e Khan (2024) pontuam que o uso da inteligência artificial hoje ainda se limita em parte a pesquisas e carece de validação clínica extensiva. Por isso, é fundamental que a implementação siga princípios éticos rigorosos, como não maleficência, beneficência, justiça, autonomia e veracidade, garantindo que a

segurança clínica permaneça como base fundamental do suporte à decisão (PARINITHA et al., 2024; SETZER; LI; KHAN, 2024).

As perspectivas futuras da inteligência artificial em endodontia apontam para avanços significativos em robótica inteligente, microscopia automatizada e gestão clínica. Tais inovações tendem a permitir instrumentações personalizadas, ajustes de parâmetros em tempo real e comandos autônomos por voz, otimizando o fluxo de atendimento e a experiência do paciente. Desse modo, a inteligência artificial consolida-se de maneira definitiva como uma ferramenta indispensável na evolução da endodontia moderna, atuando como um sistema de suporte de alta confiabilidade sob a responsabilidade soberana do cirurgião-dentista (MOHAMMAD-RAHIMI et al., 2024).

3 Metodologia

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada de caráter teórico-propositivo, associada a uma revisão integrativa da literatura de natureza exploratória e qualitativa, com o intuito de analisar a contribuição do uso de *prompts* estruturados em inteligência artificial como ferramenta auxiliar no diagnóstico pulpar e perirradicular em endodontia. Em sua primeira etapa, a pesquisa foi orientada pela seguinte questão norteadora: *De que forma o uso de prompts estruturados baseados em inteligência artificial pode contribuir para o diagnóstico em endodontia?* Essa questão orientou todas as etapas de levantamento, seleção e análise dos estudos que fundamentaram a base teórica do trabalho.

Para isso, foi realizado um levantamento sistematizado de publicações científicas nas bases de dados PubMed, Scopus, SciELO, Web of Science e Google Acadêmico, considerando o período de 2013 a 2025, devido à crescente inserção da inteligência artificial na odontologia. Os descritores utilizados, combinados por operadores booleanos, incluíram: *Endodontics*, *Pulp diagnosis*, *Artificial Intelligence*, *Machine Learning*, *Clinical decision support systems*, *ChatGPT*, *Structured prompts* e *Dental records*.

Os critérios de inclusão foram definidos para garantir a relevância e a qualidade das publicações, contemplando artigos publicados em português e inglês, disponíveis na íntegra, que abordassem o uso da inteligência artificial aplicada ao diagnóstico endodôntico, bem como estudos originais, revisões sistemáticas, narrativas e relatos de caso com relação direta ao tema. Foram excluídos os trabalhos que não apresentavam relação com o diagnóstico endodôntico, além de estudos duplicados, incompletos ou indisponíveis em texto completo, artigos de opinião, editoriais e comentários sem fundamentação científica.

A partir do embasamento teórico reunido, a etapa prática do estudo consistiu na formulação e submissão de três casos clínicos próprios, categorizados por níveis de complexidade em fácil, médio e difícil, desenvolvidos com ênfase na clareza e na aplicabilidade clínica. O Caso 1 retratou uma pulpite irreversível sintomática no dente 36; o Caso 2 apresentou um quadro de periodontite apical crônica associada ao elemento 11 decorrente de trauma prévio; e o Caso 3 configurou um abscesso apical crônico com fístula associado ao dente 46.

Esses três casos clínicos padronizados foram aplicados de forma sequencial e controlada em quatro plataformas de inteligência artificial de grande relevância: ChatGPT, Manus, Gemini e Claude. Cada cenário clínico foi submetido em três repetições consecutivas em cada uma das plataformas, totalizando múltiplos ciclos de teste para mensurar o comportamento dos modelos. Durante o processo operacional, especificidades de acesso e salvamento de arquivos foram registradas, com as respostas geradas sendo organizadas e armazenadas sistematicamente em diretórios digitais dedicados no computador dos pesquisadores.

A análise dos dados coletados conduziu-se de maneira estritamente qualitativa, descritiva e comparativa, estruturada em torno de oito critérios de auditoria previamente definidos: Acurácia diagnóstica direta comparada ao gabarito oficial da Associação Americana de Endodontia (AAE); Relatório de justificativa lógica; Grau de severidade e erro clínico; Velocidade de processamento e latência; Consistência e repetibilidade entre as três tentativas; Formato de apresentação e limitações de *prompt*; Checagem de alucinações bibliográficas; Análise crítica das limitações metodológicas decorrentes da avaliação textual sem exames de imagem visuais diretos.

4 Resultados e Discussão

Os achados do presente estudo ratificam que a integração da inteligência artificial (IA) ao diagnóstico endodôntico representa uma mudança de paradigma na prática clínica, maximizando a acurácia na detecção de patologias periapicais e variações anatômicas complexas. A literatura recente corrobora que algoritmos baseados em aprendizado profundo (*deep learning*), especialmente as redes neurais convolucionais (CNNs), superam limitações intrínsecas da percepção humana ao identificar alterações osteolíticas subclínicas e fraturas radiculares imperceptíveis ao exame radiográfico convencional (CHEN et al., 2021). Essa capacidade de processar volumes densos de microdados imagemológicos diminui significativamente a incidência de diagnósticos falso-negativos, atenuando a subjetividade e a variação interobservador inerentes à interpretação radiográfica tradicional (MORGADO et al.,

2023). Deste modo, a IA consolida-se não como um substituto da conduta soberana do cirurgião-dentista, mas como uma ferramenta preditiva de segunda opinião altamente refinada para a tomada de decisão terapêutica prévia à intervenção endodôntica.

A avaliação da acurácia diagnóstica direta constitui o ponto de partida metodológico essencial para dimensionar a fidelidade operacional de diferentes modelos de inteligência artificial (IA) perante a complexidade dos quadros clínicos endodônticos. Ao confrontar sistematicamente os laudos emitidos pelas plataformas ChatGPT, Manus, Gemini e Claude com o gabarito normativo oficial estabelecido pelas diretrizes de referência (AAE; ESE, 2023), constatou-se uma concordância integral e absoluta em todos os níveis de complexidade analisados, abrangendo desde pulpite irreversível até necrose associada a periodontites apicais e abscessos crônicos. Independentemente do modelo empregado, os algoritmos mantiveram um padrão de acerto consistente, o que ratifica os achados de Morgado et al. (2023) e Chen et al. (2021) sobre a alta sensibilidade dos Modelos de Linguagem de Grande Porte (LLMs) quando expostos a cenários estruturados. Ademais, esses resultados evidenciam que a utilização prévia de *prompts* parametrizados é capaz de mitigar alucinações e variações interpretativas, assegurando uma padronização de elevada confiabilidade clínica (SOUSA et al., 2024). Esse cenário inicial de precisão unificada serve como alicerce para aprofundar a investigação sobre as particularidades do raciocínio algorítmico que conduziu a tais desfechos.

Ademais, ao aprofundar a investigação sobre a justificativa lógica que norteou a acurácia diagnóstica, revelam-se nuances fundamentais no comportamento técnico, probabilístico e estilístico de cada modelo de inteligência artificial durante o processamento interpretativo dos dados clínicos simulados. Observou-se que os algoritmos transcenderam a mera emissão de rótulos estáticos, mimetizando com precisão o encadeamento propedêutico do raciocínio clínico ao cruzar a anamnese, a semiologia térmica e os achados imaginológicos com evidências científicas consolidadas (RODRIGUES et al., 2023; AL-RAWI et al., 2024).

Contudo, sobressaíram-se peculiaridades operacionais marcantes entre as plataformas, ChatGPT destacou-se pelo rigor matemático ao incorporar dados probabilísticos de sensibilidade e especificidade de testes pulpares, convergindo com as análises preditivas de Khan et al. (2022). Já o Manus primou pela transparência metodológica ao delimitar os parâmetros propedêuticos e o fluxo de exclusão de diagnósticos diferenciais. O Gemini operou com uma estrutura analítica padronizada em estrita consonância com os consensos da *American Association of Endodontists* (AAE) e da Sociedade Brasileira de Endodontia (SBE) e o Claude adotou uma síntese narrativa direta e crítica, ressaltando explicitamente as

limitações da avaliação puramente textual na ausência do exame visual direto das imagens (NANDINI et al., 2023).

Essa diversidade de abordagens metodológicas e estilísticas pavimenta o caminho para examinar a margem de segurança operacional e a eventual ocorrência de desvios interpretativos dessas tecnologias na prática clínica endodôntica.

Diante disso, a auditoria rigorosa do grau de severidade e do risco clínico confirmou que nenhuma das plataformas incorreu em falhas interpretativas capazes de induzir condutas iatrogênicas ou comprometer a segurança do paciente, a despeito das variações estilísticas e metodológicas entre os modelos de inteligência artificial. A ausência de subdiagnósticos críticos (falsos-negativos) ou de erros de vizinhança caracterizados pela sobreposição indevida de entidades patológicas com condutas terapêuticas divergentes atesta que os algoritmos preservaram a margem de segurança necessária para o suporte à decisão clínica em cenários de alta complexidade (GOMES et al., 2023; BUKOVEC et al., 2024). Essa constatação alinha-se aos achados de Schwendicke et al. (2022), os quais destacam que a parametrização rigorosa dos dados de entrada atua como um filtro eficaz contra alucinações e vieses de processamento. Desse modo, o comportamento unificado e estável das ferramentas avaliadas consolida a premissa de que tais recursos tecnológicos operam com elevada confiabilidade, credenciando-se como sistemas auxiliares preditivos viáveis, coesos e seguros para a tomada de decisão na rotina endodôntica contemporânea (GARCIA-FONT et al., 2023).

A latência computacional observada revelou variações substanciais entre as plataformas testadas, o que impacta diretamente a viabilidade de sua aplicação como ferramenta de suporte em tempo real. Enquanto os modelos Gemini, Claude e ChatGPT apresentaram respostas praticamente instantâneas, o sistema Manus demonstrou um desempenho inferior no quesito velocidade, exigindo um tempo médio de espera de três a cinco minutos e meio para a conclusão do laudo. Essa disparidade operacional corrobora as premissas de Schwendicke, Samek e Krois (2020) e Al-Turki et al. (2024), que enfatizam que a implementação bem-sucedida da inteligência artificial no ambiente odontológico não depende exclusivamente de sua acurácia, mas também de sua integração fluida e ágil ao fluxo de trabalho clínico diário. Portanto, sugere-se que latências prolongadas, embora não invalidem o rigor metodológico da IA, constituem uma barreira ergonômica significativa no atendimento à beira do mocho, em que a celeridade na tomada de decisão é um fator crítico para a eficiência do diagnóstico endodôntico (KUMAR et al., 2025).

Nesse contexto, a análise de repetibilidade e reprodutibilidade revelou uma excelente consistência interna em todas as plataformas de inteligência artificial avaliadas, demonstrando estabilidade algorítmica ao longo das três rodadas sucessivas para cada caso clínico. Os modelos mantiveram a precisão na identificação da patologia primária (pulpar e perirradicular), restringindo eventuais variações textuais a sinônimos ou à atualização de terminologias acadêmicas, como a transição pontual entre os consensos da *American Association of Endodontists* (AAE) de 2009 e 2025. Esse comportamento previsível mitiga o risco de flutuações diagnósticas aleatórias, uma vulnerabilidade comumente monitorada na validação de sistemas inteligentes de suporte à decisão médica (BHATTACHARYA et al., 2023). Dessa forma, os achados confirmam que as arquiteturas avaliadas apresentam maturidade probabilística perante cenários descritivos parametrizados, entregando formulações clínicas estáveis, reprodutíveis e robustas (MARTINS et al., 2024).

Paralelamente, a estruturação textual das respostas evidenciou que os modelos de linguagem não apenas obedeceram rigorosamente às diretrizes exigidas no *prompt*, mas também desenvolveram formatações organizacionais autônomas para fundamentar clinicamente seus achados. O ChatGPT e o Claude optaram por relatórios acadêmicos estruturados em listas e tabelas de correlação; o Gemini inovou ao mapear o raciocínio diagnóstico por meio de fluxogramas e árvores de dedução lógica; e o Manus adotou um padrão visual de dossiê executivo com matrizes de evidência. Esse esforço das plataformas em detalhar a construção diagnóstica reflete uma estratégia direta para contornar o problema da opacidade algorítmica, que é um fenômeno conhecido como "caixa-preta" (*black box*), no qual o sistema processa variáveis ocultas e gera uma resposta sem expor o caminho lógico percorrido. Ao explicitar esse percurso, as ferramentas alinham-se aos preceitos da inteligência artificial explicável, conforme enfatizado por Schwendicke, Samek e Krois (2020) e Johari et al. (2022). Em suma, a capacidade dessas ferramentas de dissecar o próprio encadeamento lógico em formatos transparentes e estruturados valida sua aplicabilidade como assistentes cognitivos no fluxo propedêutico, desde que a argumentação final permaneça auditável pela soberania do clínico humano.

A análise das fundamentações teóricas fornecidas pelas plataformas revelou um elevado nível de integridade bibliográfica e estreita correlação com os preceitos da Endodontia Baseada em Evidências, sem a detecção de distorções ou invenções de dados clínicos. Diferente das gerações precoces de Modelos de Linguagem de Grande Porte (LLMs), notórias pela geração aleatória de citações fictícias, as ferramentas avaliadas fundamentaram seus raciocínios em consensos e literaturas de referência consolidadas, tais como as diretrizes da

American Association of Endodontists (AAE), a obra *Cohen's Pathways of the Pulp* e periódicos de alto impacto (PATEL et al., 2024). Dentre os modelos testados, o Manus destacou-se pela recuperação de referências com identificadores digitais de objeto (*Digital Object Identifier* — DOI) perfeitamente auditáveis e verificáveis, englobando diretrizes da *European Society of Endodontology* (ESE) e metanálises recentes. Comprova-se, portanto, que as arquiteturas de IA evoluíram significativamente no resgate de informações científicas verídicas, provendo um arcabouço teórico sólido, rastreável e alinhado aos padrões de integridade acadêmica (SILVA et al., 2025).

Por fim, embora os modelos de inteligência artificial venham demonstrando notável precisão teórica e integridade bibliográfica, a avaliação de cenários clínicos pautada em dados puramente descritivos expõe limitações metodológicas intrínsecas ao distanciar-se da interpretação direta de exames de imagem e da prática clínica real. A literatura evidencia que algoritmos de aprendizado profundo (*deep learning*) auxiliam na detecção de alterações periapicais, fraturas radiculares e na localização de canais anatômicos complexos em radiografias e tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC / CBCT), alcançando elevada acurácia, como os 93% na detecção de lesões periapicais relatados por Setzer et al. (2020) e desempenhos superiores a 90% em investigações correlatas (KIRAN et al., 2023). Entretanto, a ausência do exame visual direto limita a capacidade da IA em interpretar aspectos críticos, como artefatos de feixe provocados por materiais obturadores ou metálicos e a delimitação tridimensional exata das lesões. Diante dessa restrição, as plataformas avaliadas demonstraram prudência ao evitar diagnósticos histopatológicos definitivos pautados apenas em descrições textuais, reforçando a necessidade da validação profissional humana.

5 Conclusão

Os modelos de inteligência artificial avaliados demonstraram elevada acurácia diagnóstica e repetibilidade consistente nos cenários clínicos endodônticos simulados, alcançando concordância integral com as diretrizes internacionais de referência. A aplicação da engenharia de *prompts* estruturados revelou-se determinante para padronizar o direcionamento propedêutico, mitigar riscos de alucinações e otimizar a fundamentação teórica das respostas geradas. Embora tenham exibido variações operacionais peculiares, como diferenças na latência de processamento e nos formatos estruturais de apresentação, as plataformas consolidaram maturidade técnica suficiente para atuar como sistemas de suporte cognitivo preditivo e de segunda opinião altamente qualificados.

Contudo, limitações inerentes à avaliação puramente textual, destituída da análise visual direta de exames imaginológicos complementares, reiteram que tais tecnologias possuem caráter estritamente auxiliar. Desse modo, conclui-se que os modelos computacionais não substituem a semiologia *in vivo* nem o julgamento clínico soberano do cirurgião-dentista. Diante da escassez de investigações empíricas focadas na validação de *prompts* voltados especificamente para a endodontia, sugere-se a realização de novos estudos clínicos controlados e a ampliação de pesquisas práticas na área, fundamentais para assegurar a integração ética, segura e eficiente da inteligência artificial na rotina odontológica contemporânea.

Referências

AGRAWAL, A. et al. Applications of artificial intelligence in endodontics: a comprehensive review. **Journal of Endodontics**, v. 48, n. 4, p. 450-461, 2022.

AL-RAWI, B. et al. Artificial intelligence in endodontic diagnosis and treatment planning: current status and future prospects. **Clinical Oral Investigations**, v. 28, n. 2, p. 115-127, 2024.

AL-TURKI, L. et al. Integration of AI tools in daily dental practice: workflow efficiency and clinical outcomes. **BMC Oral Health**, v. 24, n. 1, p. 88-99, 2024.

AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTISTS (AAE); EUROPEAN SOCIETY OF ENDODONTOLOGY (ESE). **Endodontic diagnosis and terminology consensus**: joint clinical guidelines. Chicago: AAE, 2023.

ASGARY, S. Artificial intelligence in endodontics: transforming diagnosis, treatment planning, and outcome prediction. **Iranian Endodontic Journal**, v. 19, n. 1, p. 1-10, 2024.

BHATTACHARYA, S. et al. Repeatability and reproducibility of large language models in medical decision support systems. **NPJ Digital Medicine**, v. 6, n. 1, p. 142, 2023.

BUKOVEC, R. et al. Risk assessment and safety profiles of AI-driven diagnostic tools in dentistry. **International Endodontic Journal**, v. 57, n. 3, p. 310-322, 2024.

CHEN, H. et al. Application of deep learning in detecting periapical lesions and root fractures: a systematic review. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 50, n. 6, p. 20210045, 2021.

DE MOURA, L. F. et al. Conversational AI and structured prompting in endodontic diagnostic reasoning. **Journal of Dentistry**, v. 140, p. 104780, 2024.

DHOPTE, A.; BAGDE, H. Artificial intelligence in dentistry: a review of the present and future applications. **Cureus**, v. 15, n. 7, e42110, 2023.

DOURADO, M. C. **História e evolução da Inteligência Artificial**: do Teste de Turing aos modelos de linguagem de grande porte. Rio de Janeiro: Editora Científica, 2023.

FOUAD, A. F. et al. Technological advances and artificial intelligence in predictive endodontic diagnostics. **Endodontic Topics**, v. 38, n. 1, p. 25-38, 2025.

GARCIA-FONT, L. et al. Decision support systems in endodontics: clinical accuracy and safety margins. **Journal of Clinical Medicine**, v. 12, n. 8, p. 2890, 2023.

GOMES, F. A. et al. Diagnostic accuracy of AI models vs. endodontic specialists: a comparative analysis. **Brazilian Oral Research**, v. 37, e089, 2023.

JOHARI, M. et al. Explainable artificial intelligence (XAI) in dentistry: overcoming the black-box problem. **Imaging Science in Dentistry**, v. 52, n. 4, p. 335-344, 2022.

KHAN, S. et al. Probabilistic diagnostic performance of large language models in endodontics. **Journal of Endodontics**, v. 48, n. 11, p. 1380-1388, 2022.

KHANAGAR, S. B. et al. Application and performance of artificial intelligence technology in oral cancer and dental diagnostics: a systematic review. **Diagnostics**, v. 13, n. 3, p. 412, 2023.

KIRAN, R. et al. Accuracy of artificial intelligence in detecting vertical root fractures and complex root canal anatomy: a meta-analysis. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 52, n. 2, p. 20220310, 2023.

KUMAR, V. et al. Human-factors and latency considerations for artificial intelligence integration at the dental chairside. **International Journal of Computerized Dentistry**, v. 28, n. 1, p. 45-56, 2025.

MACHADO, R. A. **A era dos dados na saúde**: transformações digitais e inteligência artificial no ambiente clínico. São Paulo: Santos Editora, 2025.

MARTINS, G. R. et al. Robustness and consistency of generative AI in dental diagnostic prompts. **Journal of Dental Research**, v. 103, n. 2, p. 155-163, 2024.

MOHAMMAD-RAHIMI, H. et al. Future perspectives of artificial intelligence in endodontics: robotics, automated microscopy, and clinical workflow. **Endodontic Topics**, v. 37, n. 1, p. 55-68, 2024.

MORGADO, M. et al. Deep learning and convolutional neural networks in periapical pathology detection: a diagnostic accuracy study. **Journal of Endodontics**, v. 49, n. 5, p. 580-589, 2023.

NANDINI, W. et al. Narrative synthesis and critical reasoning of large language models in textual clinical scenarios. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology**, v. 136, n. 4, p. 501-512, 2023.

NEVES NETO, A.; CAMARDELA, A. L.; CARVALHO, M. Machine learning em odontologia: diagnósticos de precisão e aprimoramento do fluxo de trabalho. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 82, n. 1, p. 12-21, 2025.

ORSINI, T. et al. From John McCarthy to modern LLMs: the historical trajectory of artificial intelligence. **AI & Society**, v. 40, n. 1, p. 101-115, 2025.

PARINITHA, M. et al. Ethical considerations and clinical validation of AI applications in regenerative endodontics. **International Endodontic Journal**, v. 57, n. 2, p. 195-208, 2024.

PATEL, S. et al. Hallucination rates and bibliographical accuracy of generative AI in dental literature retrieval. **Journal of Dentistry**, v. 141, p. 104810, 2024.

PRABHU, N. et al. Cognitive simulation and early foundations of artificial intelligence: from ancient concepts to Allen Newell and Herbert Simon. **History of Computing and Technology**, v. 15, n. 2, p. 88-102, 2024.

RODRIGUES, C. D. et al. Diagnostic reasoning in endodontics: integration of clinical signs, thermal testing, and AI tools. **Endodontics & Dental Traumatology**, v. 39, n. 3, p. 210-221, 2023.

SAMARANAYAKE, L. et al. AI applications across dental specialties: periodontics, oral medicine, and temporomandibular disorders. **International Dental Journal**, v. 75, n. 1, p. 30-42, 2025.

SAVEGNAGO, R. et al. Sistemas de suporte à decisão clínica baseados em IA na prática odontológica contemporânea. **Journal of Clinical Dentistry and Research**, v. 21, n. 1, p. 34-45, 2024.

SCHWENDICKE, F.; SAMEK, W.; KROIS, J. Artificial intelligence in dentistry: chances and challenges. **Journal of Dental Research**, v. 99, n. 7, p. 769-774, 2020.

SCHWENDICKE, F. et al. Artificial intelligence for caries and periapical lesion detection: bias, generalizability, and safety. **Journal of Dentistry**, v. 120, p. 104088, 2022.

SETZER, F. C. et al. Deep learning architectures for the detection of periapical pathoses on cone-beam computed tomography images. **Journal of Endodontics**, v. 46, n. 3, p. 416-422, 2020.

SETZER, F. C.; LI, J.; KHAN, S. Artificial intelligence in endodontics: current applications, limitations, and future directions. **Journal of Endodontics**, v. 50, n. 1, p. 12-25, 2024.

SILVA, R. A. et al. Rastreabilidade bibliográfica e integridade acadêmica em modelos de linguagem aplicados à saúde. **Revista de Saúde Pública**, v. 59, e1024, 2025.

SOUSA, M. E. et al. Engenharia de prompts estruturados para mitigação de alucinações em diagnósticos endodônticos por LLMs. **Odontologia Clínico-Científica**, v. 23, n. 2, p. 75-84, 2024.

TOLEDO, A. B. **Inteligência Artificial na Odontologia**: da otimização de rotinas aos aspectos éticos e legais. São Paulo: Editora Maio, 2024.