FACULDADE FASIPE DE CUIABÁ
CURSO DE ODONTOLOGIA

ADRIANO JUNIOR BONES AMORIM

ESCANEAMENTO DIGITAL E SUAS APLICAÇÕES NA ODONTOLOGIA

CUIABÁ/MT
2025

CURSO DE ODONTOLOGIA

ADRIANO JUNIOR BONES AMORIM

ESCANEAMENTO DIGITAL E SUAS APLICAÇÕES NA ODONTOLOGIA

Projeto de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Odontologia da Faculdade FASIPE Cuiabá para obtenção de nota da disciplina TCC II.

Orientador: Prof. Leonardo Monteiro da Silva.

CUIABÁ/MT
2025

ADRIANO JUNIOR BONES AMORIM

ESCANEAMENTO DIGITAL E SUAS APLICAÇÕES NA ODONTOLOGIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Curso de Odontologia - da Faculdade FASIPE como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Odontologia.

Aprovado em: ____/____/_____.

_____
Professor Orientador: Leonardo Monteiro da Silva
Departamento de Odontologia - FASIPE

_____
Professor(a) Avaliador(a): Francisnele Maria de Aquino Fraporti
Departamento de Odontologia - FASIPE

_____
Professor(a) Avaliador(a): Tatiana Opolski Fonseca
Departamento de Odontologia - FASIPE

_____
Professor(a) Avaliador(a): Thayna Ellen de Sousa Alves Ferreira
Departamento de Odontologia – FASIPE
Coordenadora do Curso de Odontologia

Cuiabá/MT
2025

RESUMO

O avanço das tecnologias digitais tem promovido profundas transformações na odontologia contemporânea, redefinindo a forma como o diagnóstico, o planejamento e a execução dos tratamentos são realizados. Entre essas inovações, destaca-se o escaneamento digital, tecnologia capaz de capturar imagens tridimensionais da cavidade bucal com alta precisão e fidelidade. Este trabalho teve como objetivo analisar a integração do escaneamento digital na odontologia e seus efeitos na prática clínica, abordando aspectos históricos, funcionais e suas principais aplicações. A pesquisa, de caráter bibliográfico, baseou-se na revisão de estudos científicos recentes que investigaram a eficiência, a precisão e os desafios associados ao uso dessa tecnologia em diferentes especialidades odontológicas. Os resultados demonstraram que o escaneamento digital proporciona maior conforto ao paciente, reduz o tempo clínico e melhora a qualidade das restaurações e próteses, apresentando desempenho superior às moldagens convencionais em diversas situações. Além disso, a tecnologia favorece a comunicação entre cirurgiões-dentistas e laboratórios, otimizando fluxos de trabalho e promovendo maior previsibilidade estética e funcional. Apesar dos benefícios, ainda existem limitações relacionadas ao custo dos equipamentos, à curva de aprendizado e à necessidade de atualização constante. Conclui-se que o escaneamento digital é uma ferramenta consolidada e essencial para a odontologia moderna, sendo um marco de transição para uma prática clínica mais eficiente, precisa e digitalmente integrada.

Palavras-chave: Desenho assistido por computador; Impressão tridimensional; Materiais para moldagem odontológica; Tecnologia odontológica.

ABSTRACT

The advancement of digital technologies has profoundly transformed modern dentistry, redefining diagnostic, planning, and treatment procedures. Among these innovations, digital scanning stands out as a technology capable of capturing highly accurate three-dimensional images of the oral cavity. This study aimed to analyze the integration of digital scanning in dentistry and its effects on clinical practice, addressing its historical background, operational principles, and main applications. This research, based on a bibliographic review, examined recent scientific studies that evaluated the efficiency, accuracy, and challenges associated with this technology in different dental specialties. The results showed that digital scanning provides greater patient comfort, reduces clinical time, and improves the quality of restorations and prostheses, outperforming conventional impression techniques in several scenarios. Additionally, it enhances communication between clinicians and laboratories, optimizing workflows and ensuring better aesthetic and functional predictability. Despite its advantages, challenges remain regarding equipment costs, learning curve, and the need for ongoing professional training. It is concluded that digital scanning is a consolidated and essential tool for modern dentistry, representing a milestone in the transition toward a more efficient, accurate, and digitally integrated clinical practice.

Keywords: Computer-aided design; Printing, three-dimensional; Dental impression materials; Technology, dental.

LISTA DE SIGLAS

CAD - *Computer-Aided Design*/ Desenho Assistido por Computador

CAM - *Computer-Aided Manufacturing*/ Manufatura Assistida por Computador

OMS - Organização Mundial de Saúde

CEREC - *Chairside Economical Restorations of Esthetic Ceramic/* Restaurações Econômicas de Cerâmica Estética em Consultório Odontológico

.STL - *Stereolithography/* Estereolitografia

.PLY - *Polygon File Format/* Formato de Arquivo de Polígono

IA - Inteligência Artificial

.OBJ - *Object/* Objeto

CBCT - *Cone Beam Computed Tomography/* Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico

LGPD - Lei Geral de Proteção de Dados

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO **7**
1.1 Justificativa **8**
1.2 Problematização **9**
1.3 Objetivos **9**
1.3.1 Objetivo Geral 9
1.3.2 Objetivo Específico 10
2. REVISÃO DE LITERATURA **11**
2.1 Histórico e evolução do escaneamento digital na odontologia **11**
2.2 Funcionamento e princípios dos sistemas de escaneamento digital **14**
2.3 Aplicações clínicas do escaneamento digital **17**
2.4 Desafios, limitações e perspectivas futuras do escaneamento digital **20**
2.5 Comparativo entre métodos convencionais e digitais **23**
3. MATERIAIS E MÉTODOS **26**
3.1 Tipo de Pesquisa **26**
3.2 Critérios de Inclusão **26**
3.3 Fontes de Pesquisa **27**
3.4 Procedimentos de Coleta de Dados **27**
3.5 Aspectos Éticos e Legais **27**
3.6 Análise de Dados **28**
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES **28**
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS **31**
REFERÊNCIAS **34**

1. INTRODUÇÃO

A ciência e a tecnologia, ao longo da história, têm desempenhado um papel determinante no desenvolvimento das práticas em saúde, promovendo mudanças profundas na forma como os profissionais atuam e os pacientes são atendidos. Na odontologia, em particular, observa-se um movimento contínuo em busca de inovação, com a incorporação de ferramentas digitais que proporcionam maior previsibilidade, eficiência e conforto nos tratamentos clínicos. Esse cenário reflete uma tendência mundial de digitalização dos processos em saúde, na qual novas tecnologias têm redefinido padrões de diagnósticos, planejamento e execução teraupêtica.

O termo tecnologia, etimologicamente derivado de "*tékhne*" (arte, ofício ou técnica) e "*logia*" (estudo ou ciência), representa o conjunto de conhecimentos, instrumentos e métodos empregados na solução de problemas. No campo da saúde, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), tecnologia em saúde compreende dispositivos, procedimentos e sistemas organizados que visam a prevenção, diagnóstico, tratamento e reabilitação de pacientes contribuindo para a melhoria da qualidade de vida. A odontologia, como ciência aplicada, tem incorporado esse conceito por meio da adoção de recursos cada vez mais modernos e eficazes, com destaque para as tecnologias digitais.

Dentre as inovações introduzidas nas últimas décadas, merece destaque o sistema de desenho assistido por computador (CAD) e manufatura assistida por computador (CAM), que possibilitou a criação de restaurações dentárias com maior precisão e rapidez. Inicialmente empregado em áreas como a engenharia aeronáutica e automobilística, o CAD/CAM foi incorporado à odontologia no final da década de 1970 e início da década de 1980, representando um marco para a área de prótese e dentística restauradora. Essa tecnologia permitiu que processos antes manuais e sujeitos a variações passassem a ser automatizados, reduzindo erros e elevando a qualidade estética e funcional das reabilitações.

Nesse contexto, o escaneamento digital surgiu como uma das ferramentas mais representativas da odontologia contemporânea. Com ele, torna-se possível realizar a captura de imagens tridimensionais da arcada dentária por meio de

scanners intraorais, eliminando a necessidade de moldagens tradicionais em gesso ou silicone. Essa inovação oferece vantagens significativas tanto para o profissional quanto para o paciente: maior precisão nos registros, conforto durante o atendimento, redução do tempo clínico, e possibilidade de armazenamento digital das informações, facilitando o acompanhamento longitudinal dos casos. Além disso, a integração do escaneamento digital com softwares de planejamento e com impressoras 3D amplia o potencial de aplicação em diferentes especialidades odontológicas, como ortodontia, implantodontia, dentística e prótese dentária.

Apesar dos benefícios, a adoção dessa tecnologia não ocorre sem desafios. Entre as principais barreiras estão o elevado custo de aquisição dos equipamentos, a necessidade de constante atualização e treinamento dos profissionais, bem como dificuldades técnicas relacionadas ao processo de captura, que pode ser prejudicado por fatores clínicos, como presença de saliva ou sangramento. Esses aspectos impõem ao cirurgião-dentista a necessidade de avaliar cuidadosamente a relação custo-benefício da incorporação do escaneamento digital à sua prática, ponderando os impactos sobre a qualidade do atendimento e a experiência do paciente.

Diante desse cenário, torna-se evidente a relevância de estudo que analisam de forma crítica as aplicações do escaneamento digital na odontologia, considerando tanto suas potencialidades quanto suas limitações. Este trabalho busca, portanto, apresentar uma visão abrangente sobre a integração dessa tecnologia na prática clínica, abordando seus benefícios, desafios e perspectivas futuras. A análise proposta permitirá compreender o papel do escaneamento digital como ferramenta transformadora da odontologia contemporânea, além de oferecer subsídios para que profissionais avaliem a pertinência de sua utilização em diferentes contextos clínicos.

1.1 Justificativa

Nos últimos anos houve um grande avanço nas tecnologias digitais na odontologia. A tecnologia de desenho assistido por computador (CAD) e a manufatura assistida por computador (CAM) tem se tornado cada vez mais popular. Essas tecnologias estão sendo muito utilizadas em consultórios odontológicos e laboratórios, que podem ser aplicadas para projetar a arcada dentária em um modelo virtual com imagens de altíssima qualidade, sendo ampliadas em até 60 vezes, além de fabricar coroas, inlays e onlays, próteses dentárias e guias cirúrgicos.

Diante disso, este trabalho tem por finalidade proporcionar uma visão abrangente sobre o escaneamento digital e suas aplicações na odontologia, abordando seus benefícios, desafios e impactos, contribuindo para a decisão do profissional a incluir essa ferramenta em sua prática clínica.

Além disso, observa-se um crescente interesse acadêmico sobre a formação e capacitação de profissionais para o uso dessas tecnologias, como demonstrado por um estudo nacional realizado por Moura (2023), que analisou o ensino do sistema CAD/CAM em cursos de Odontologia no Brasil, destacando a importância da incorporação do escaneamento digital também na formação acadêmica dos futuros cirurgiões-dentistas.

1.2 Problematização

O escaneamento digital representa uma inovação significativa na odontologia, prometendo transformar a prática clínica por meio de benefícios como maior precisão na obtenção de modelos, maior conforto para o paciente, redução do tempo de tratamento do paciente. No entanto, a integração dessa tecnologia na prática odontológica apresenta uma série de desafios e impactos, como: o custo elevado dos equipamentos, a necessidade de treinamento para utilização do scanner, as dificuldades em realizar um bom escaneamento com ausência de saliva ou sangue. Diante desse cenário, o cirurgião dentista deve avaliar se é valido o investimento, além disso, compreender os impactos reais do escaneamento digital na prática clínica cotidiana, ademais, ele deve considerar a eficiência dos tratamentos e a experiência do paciente e seus resultados. Assim, o desafio é equilibrar as promessas tecnológicas com a realidade da prática clínica para entender a transformação promovida pelo escaneamento digital na odontologia. Dessa forma, o presente trabalho busca proporcionar uma visão abrangente sobre o escaneamento digital e suas aplicações na odontologia, abordando seus benefícios, desafios e impactos, contribuindo para a decisão do profissional a incluir essa ferramenta em sua prática clínica.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar a integração do escaneamento digital na odontologia e seus efeitos na prática clinica.

1.3.2 Objetivo Específico

- Investigar como o escaneamento digital melhora a precisão e tempo de tratamento do paciente.
- Examinar as barreiras técnicas, financeiras e educacionais que os cirurgiões-dentistas enfrentam ao integrar essa tecnologia em suas práticas.
- Orientar cirurgiões dentistas na aplicação da CAM e do CAD.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Histórico e evolução do escaneamento digital na odontologia

O desenvolvimento da odontologia digital representa uma das transformações mais significativas da história da profissão, comparável apenas à introdução da anestesia ou da radiografia intraoral. A digitalização dos processos clínicos e laboratoriais remodelou as bases da reabilitação oral e da prática clínica, promovendo maior precisão, previsibilidade e eficiência. O surgimento do sistema CAD/CAM (*Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing*) trouxe à odontologia a capacidade de projetar e fabricar restaurações com exatidão milimétrica, superando as limitações das técnicas convencionais. Essa inovação abriu caminho para uma nova era, na qual o conhecimento técnico do cirurgião-dentista se alia à automação e à engenharia de materiais (SUESE, 2020).

O marco inicial dessa revolução ocorreu entre o final da década de 1970 e o início da de 1980, quando François Duret, na França, e Werner Mörmann, na Suíça, em colaboração com Marco Brandestini, criaram os primeiros sistemas digitais para captura de dados intraorais. Esses pesquisadores foram responsáveis pelo desenvolvimento dos protótipos que originaram os scanners modernos, capazes de registrar superfícies dentárias em três dimensões e gerar modelos digitais utilizáveis na confecção de restaurações indiretas. A criação do sistema CEREC (*Chairside Economical Restorations of Esthetic Ceramic/* Restaurações Econômicas de Cerâmica Estética em Consultório Odontológico), em 1985, representou o início da aplicação prática do CAD/CAM na odontologia, tornando-se o primeiro sistema comercial a integrar escaneamento, design e fabricação de restaurações cerâmicas em consultório (AMORNVIT; ROKAYA; SANOHKAN, 2021).

Durante a década de 1990, a tecnologia CAD/CAM passou a se consolidar como ferramenta viável na odontologia clínica, impulsionada pelo avanço dos computadores pessoais e pela melhoria dos sensores ópticos. No entanto, os sistemas de escaneamento dessa época ainda eram grandes, lentos e de custo elevado, mas já demonstravam enorme potencial de precisão dimensional. O CEREC 2, lançado em 1994, introduziu melhorias significativas no processamento de imagens e na qualidade das restaurações, aproximando-se dos resultados laboratoriais

tradicionais. Essa década marcou a transição da odontologia analógica para o início da era digital, que seria plenamente consolidada anos depois (ALBAYRAK *et al*., 2020).

Na virada para os anos 2000, o aprimoramento da tecnologia óptica e o aumento da velocidade de processamento dos computadores permitiram o surgimento de scanners mais portáteis, precisos e acessíveis. Os avanços na modelagem tridimensional e nas câmeras de captura de luz estruturada foram determinantes para a popularização dos sistemas digitais. O uso de algoritmos de correlação e malhas poligonais passou a garantir a fidelidade das imagens, eliminando a necessidade de aplicação de pó sobre as estruturas dentárias. Essa fase marcou o amadurecimento tecnológico do escaneamento digital, tornando-o viável para uso rotineiro em clínicas e laboratórios (CELEGHIN *et al*., 2021).

O período entre 2010 e 2020 foi marcado pela integração definitiva do escaneamento digital aos fluxos clínicos. Essa década consolidou o conceito de fluxo digital completo — no qual o escaneamento intraoral, o design virtual e a manufatura aditiva se comunicam em tempo real. Sistemas como o iTero e o Trios revolucionaram o mercado ao introduzir escaneamento sem fio, captura contínua e exportação em formatos abertos .STL (*Stereolithography/* Estereolitografia) e .PLY (*Polygon File Format/* Formato de Arquivo de Polígono). Essas inovações não apenas aprimoraram a precisão, mas também aumentaram o conforto do paciente e a produtividade clínica, tornando o escaneamento digital um padrão de excelência na odontologia contemporânea (ALQAHTANI, 2024).

Paralelamente, os avanços na manufatura aditiva e na impressão 3D transformaram a maneira como modelos, guias cirúrgicos e próteses são produzidos. A possibilidade de fabricar dispositivos personalizados com rapidez e baixo custo modificou o fluxo de trabalho odontológico, aproximando clínicas e laboratórios em um ecossistema totalmente digital. Essa integração também tem sido incorporada aos programas de graduação e pós-graduação, que passaram a incluir disciplinas voltadas à prática digital. Contudo, o autor destaca que, no Brasil, a difusão dessa tecnologia ainda enfrenta barreiras estruturais e pedagógicas, especialmente nas instituições públicas (MOURA, 2023).

A integração entre os sistemas de escaneamento, softwares CAD e fresadoras automatizadas permitiu que o processo de fabricação odontológica se tornasse cada vez mais previsível. Essa convergência tecnológica impulsionou a odontologia digital

a um novo patamar, no qual os dados capturados pelos scanners são processados automaticamente e convertidos em modelos virtuais altamente precisos. Essa automação, associada à inteligência artificial, já permite correções instantâneas de distorções, análise automática de margens e ajustes virtuais de oclusão. A tendência é que, no futuro, o profissional atue principalmente como gestor de dados e tomador de decisões clínicas baseadas em simulações digitais (DALKIZ; ÖZER; DALKIZ, 2024).

Os avanços recentes em escaneamento 3D sem fio, captura contínua e reconstrução de malhas inteligentes demonstram que o escaneamento digital está cada vez mais próximo da realidade aumentada. O desenvolvimento de scanners híbridos capazes de integrar dados ópticos e radiográficos já permite a criação de modelos completos do complexo maxilofacial, viabilizando cirurgias guiadas e diagnósticos de alta precisão. Essa integração de múltiplas modalidades de imagem amplia o alcance do escaneamento digital para áreas como implantodontia, ortodontia e prótese maxilofacial, fortalecendo a interdisciplinaridade entre tecnologia e saúde (SHUJAAT *et al.*, 2021).

O impacto do escaneamento digital também pode ser observado sob o ponto de vista sociotecnológico. A substituição de moldagens convencionais por registros digitais reduz o desconforto do paciente, minimiza o uso de materiais e melhora a comunicação clínica. Além disso, o armazenamento digital de dados facilita o acompanhamento longitudinal dos casos, contribuindo para a criação de bancos de dados que alimentam sistemas de IA (Inteligência Artificial) e pesquisa científica. O profissional moderno passa, assim, a lidar com um volume crescente de informações, exigindo atualização constante e domínio tecnológico (AMORNVIT; ROKAYA; SANOHKAN, 2021).

Essa transformação histórica também carrega implicações éticas e econômicas. O alto custo inicial de aquisição dos equipamentos e a necessidade de manutenção contínua ainda representam barreiras significativas, especialmente em países em desenvolvimento. Contudo, a redução progressiva dos preços e a disseminação de cursos de capacitação indicam que a digitalização se tornará, em breve, uma realidade universal. A evolução do escaneamento digital, portanto, não é apenas um avanço técnico, mas um movimento cultural que redefine o papel do cirurgião-dentista no século XXI (ALBAYRAK et al., 2020).

Por fim, a história do escaneamento digital revela um percurso de inovação contínua, guiado pela busca de precisão, eficiência e personalização. A odontologia digital passou de um conceito experimental para uma realidade consolidada, sustentada pela integração entre ciência, tecnologia e prática clínica. O escaneamento digital não apenas transformou o modo de fazer odontologia, mas redefiniu o próprio conceito de reabilitação oral, tornando o planejamento virtual o novo alicerce da odontologia contemporânea (SUESE, 2020).

2.2 Funcionamento e princípios dos sistemas de escaneamento digital

O escaneamento digital é o processo de aquisição de imagens tridimensionais das estruturas dentárias e tecidos adjacentes por meio de dispositivos ópticos de alta precisão. Seu princípio fundamental baseia-se na captura de milhares de pontos da superfície dentária, que são convertidos em uma malha digital tridimensional. O scanner atua como um sensor óptico que projeta feixes de luz — geralmente a laser ou luz estruturada — sobre os dentes, capturando o padrão de reflexão da superfície. O software interpreta esses dados em tempo real, gerando um modelo digital tridimensional que substitui as tradicionais moldagens físicas. Essa tecnologia permite a obtenção de réplicas digitais com precisão micrométrica, servindo de base para restaurações, próteses e planejamentos cirúrgicos virtuais (SUESE, 2020).

O processo de escaneamento envolve três etapas principais: aquisição, processamento e modelagem. Na primeira, o scanner capta os dados brutos da arcada; na segunda, o software realiza a reconstrução da geometria tridimensional; e na terceira, ocorre a conversão dos dados em arquivos utilizáveis em programas CAD/CAM. A qualidade do escaneamento depende de fatores como o tipo de sensor óptico, o algoritmo de reconstrução e a estabilidade do ambiente clínico durante a captura. A tecnologia atual permite a obtenção de imagens sem necessidade de aplicação de pó, com alta fidelidade em detalhes anatômicos, como sulcos, bordas incisais e margens gengivais. Essa precisão é essencial para o sucesso das restaurações e a adequada adaptação das próteses (AMORNVIT; ROKAYA; SANOHKAN, 2021).

Os scanners digitais podem ser classificados conforme o método de captura de imagem: ativa ou passiva. Nos sistemas de captura ativa, o dispositivo emite luz estruturada ou feixes a laser sobre a superfície dentária, enquanto sensores internos medem o padrão de reflexão e triangulação. Já nos sistemas passivos, a reconstrução

é feita a partir de múltiplas imagens bidimensionais obtidas sob diferentes ângulos. Os scanners de luz estruturada apresentam maior precisão e velocidade, enquanto os de laser são indicados para áreas de difícil acesso e para registro de detalhes profundos. Em ambos os casos, o resultado é um conjunto de nuvens de pontos, que o software converte em uma malha tridimensional denominada *mesh*, posteriormente exportada em formatos universais .STL, .PLY, .OBJ (*Object/* Objeto) (ALBAYRAK *et al*., 2020).

Do ponto de vista técnico, o desempenho dos scanners é avaliado segundo três parâmetros fundamentais: precisão, exatidão e reprodutibilidade. A precisão refere-se à consistência das medições entre múltiplas digitalizações do mesmo objeto, enquanto a exatidão indica o grau de proximidade entre o modelo digital e o objeto real. Já a reprodutibilidade diz respeito à capacidade de reproduzir resultados equivalentes sob as mesmas condições clínicas. Estudos comparativos mostram que os scanners intraorais de última geração alcançam desvios inferiores a 50 µm (micrômetro), valores compatíveis com os requisitos clínicos de adaptação marginal em próteses fixas e reabilitações sobre implantes (CELEGHIN *et al*., 2021).

A qualidade da captura digital é influenciada por diversos fatores, como a reflexividade da superfície dentária, presença de saliva, sangue ou sombras. A topografia e o brilho da superfície dental podem comprometer a leitura óptica, exigindo do operador o domínio das técnicas de movimentação do scanner, ângulo de incidência da luz e velocidade de varredura. É importante também a ergonomia do equipamento e o tamanho da ponta de escaneamento são determinantes para o acesso a áreas posteriores e regiões subgengivais. Por isso, o treinamento clínico é indispensável para garantir a qualidade dos registros e reduzir erros de interpolação durante o processo de reconstrução tridimensional (ALQAHTANI, 2024).

O princípio óptico mais utilizado atualmente é o da luz estruturada, no qual o scanner projeta padrões de faixas luminosas sobre a superfície dentária. A deformação dessas faixas é analisada por câmeras internas, que calculam a profundidade e a curvatura de cada ponto. Esse método apresenta vantagens significativas em relação ao laser, pois permite maior velocidade de captura, melhor detecção de detalhes e menor sensibilidade à movimentação do paciente. Além disso, o algoritmo de triangulação utilizado nos scanners de luz estruturada possibilita a fusão automática das imagens, dispensando ajustes manuais extensos (GARCÍA-GIL *et al*., 2020).

A integração entre o escaneamento digital e os softwares de design (CAD) representa o segundo pilar do fluxo digital. Após a captura, os dados tridimensionais são importados para o software CAD, onde o profissional pode delinear margens de preparo, ajustar contatos oclusais e definir o formato anatômico da restauração. Esses programas contam com bibliotecas anatômicas e ferramentas inteligentes de modelagem que permitem criar coroas, pontes e próteses com base em parâmetros biomecânicos e estéticos predefinidos. Em seguida, o arquivo é exportado para o software CAM, responsável por controlar o processo de fresagem ou impressão 3D, completando o ciclo digital de fabricação (MOURA, 2023).

Do ponto de vista clínico, os scanners digitais revolucionaram a forma como o cirurgião-dentista registra e comunica informações com o laboratório. O compartilhamento instantâneo dos arquivos digitais elimina atrasos no envio de moldagens físicas, reduz custos com materiais e diminui o risco de distorções durante o transporte. Além disso, os fluxos de trabalho abertos — baseados em formatos universais — permitem que diferentes softwares e equipamentos se comuniquem, aumentando a flexibilidade e a personalização dos tratamentos. Essa interoperabilidade tecnológica é considerada um dos maiores avanços da odontologia moderna (DALKIZ; ÖZER; DALKIZ, 2024).

O aprimoramento dos algoritmos de reconstrução e das câmeras internas também possibilitou o surgimento dos escaneamentos dinâmicos, capazes de registrar não apenas a morfologia, mas também a função. Os scanners de nova geração conseguem capturar movimentos mandibulares, relações oclusais e variações de pressão durante a mastigação, fornecendo dados funcionais que auxiliam no ajuste de próteses e aparelhos ortodônticos. Essa capacidade dinâmica representa um avanço na integração entre odontologia digital e fisiologia mastigatória, permitindo que os planejamentos sejam baseados em dados reais de oclusão e movimento (SHUJAAT *et al*., 2021).

Outro aspecto importante é a evolução dos sistemas de calibração e correção automática, que garantem a confiabilidade dos escaneamentos. Os scanners modernos realizam calibrações automáticas de lente, temperatura e luminosidade antes de cada uso, compensando variações ambientais que possam afetar a leitura óptica. Essa automação reduz a necessidade de manutenção manual e assegura resultados consistentes ao longo do tempo. O avanço desses sistemas é resultado

direto da incorporação de inteligência artificial e aprendizado de máquina na análise dos dados capturados (AMORNVIT; ROKAYA; SANOHKAN, 2021).

Por fim, o funcionamento dos scanners digitais não deve ser entendido apenas como um processo técnico, mas como uma etapa estratégica no contexto da odontologia digital integrada. O escaneamento é a base sobre a qual se estrutura todo o fluxo clínico digital — do diagnóstico à fabricação —, sendo responsável por garantir a acurácia e a confiabilidade dos resultados. O domínio dos princípios ópticos, das técnicas de captura e do processamento dos arquivos é, portanto, indispensável para que o profissional obtenha o máximo potencial da tecnologia e alcance excelência clínica (SUESE, 2020).

2.3 Aplicações clínicas do escaneamento digital

O escaneamento digital consolidou-se como uma das mais importantes ferramentas da odontologia contemporânea, ampliando significativamente as possibilidades diagnósticas, restauradoras e reabilitadoras. Sua aplicação clínica abrange desde o planejamento de reabilitações complexas até procedimentos de rotina, proporcionando maior precisão, previsibilidade e conforto ao paciente. A incorporação dos scanners intraorais às diversas especialidades odontológicas representa uma mudança de paradigma, pois elimina etapas manuais suscetíveis a erros, reduz o tempo clínico e oferece dados tridimensionais de alta qualidade para integração com sistemas CAD/CAM. Essa transição marca o início de uma odontologia mais digital, interconectada e centrada na eficiência clínica (LEE; KU; JUN, 2024).

Na prótese dentária, o escaneamento digital desempenha um papel fundamental na confecção de coroas, pontes, facetas e próteses sobre implantes. Os scanners intraorais permitem capturar com exatidão os limites de preparo, contatos oclusais e anatomia dentária, garantindo uma adaptação marginal precisa das restaurações. Além disso, os modelos digitais substituem com vantagens os moldes de gesso, eliminando erros de expansão e contração, e permitindo o envio imediato dos arquivos para laboratórios ou impressoras 3D. Esse fluxo digital reduz significativamente o número de provas clínicas e retrabalhos, otimizando o tempo de atendimento e os custos operacionais (AMORNVIT; ROKAYA; SANOHKAN, 2021).

Na área de prótese total, a utilização de scanners intraorais tem sido estudada como alternativa às moldagens convencionais. O escaneamento de arcos edêntulos

apresenta desafios técnicos, como a ausência de pontos de referência anatômicos fixos; contudo, com o uso de marcadores ópticos e algoritmos de sobreposição, é possível obter modelos digitais precisos. Essa metodologia permite a confecção de próteses totais digitais totalmente ajustadas, com adaptação e retenção superiores às obtidas pelo método tradicional. O fluxo digital também simplifica o processo de duplicação e substituição das próteses, tornando o tratamento mais ágil e previsível (MARAGLIANO-MUNIZ; KUKUCKA, 2020).

Na implantodontia, o escaneamento digital representa uma das aplicações mais promissoras. A tecnologia é capaz de capturar a posição tridimensional exata dos implantes por meio de corpos de escaneamento (*scan bodies*), o que facilita a confecção de pilares personalizados e próteses definitivas com excelente adaptação passiva. Essa precisão reduz falhas de assentamento e tensões mecânicas sobre o implante, além de dispensar a utilização de componentes intermediários para moldagem. Os autores ressaltam ainda que os scanners modernos permitem o registro simultâneo de tecidos moles e duros, o que favorece a estética peri-implantar e o planejamento protético guiado (RUTKŪNAS; AUSKALNIS; PLETKUS, 2024).

O escaneamento digital também se mostra essencial na reabilitação de pacientes com grandes perdas ósseas e defeitos maxilofaciais. O uso de scanners ópticos na confecção de próteses obturadoras para pacientes submetidos à maxilectomia parcial. O escaneamento da cavidade maxilar permite a fabricação precisa da prótese, reduzindo o número de provas e aumentando o conforto do paciente. Essa aplicação demonstra o potencial do escaneamento digital não apenas como ferramenta restauradora, mas também como instrumento de reabilitação funcional e estética em casos de alta complexidade (BRUCOLI *et al*., 2020).

Na cirurgia guiada, a integração entre escaneamento digital e tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) possibilita a criação de guias cirúrgicos extremamente precisos. A sobreposição dos arquivos obtidos pelo scanner intraoral e pela tomografia gera um modelo tridimensional completo, permitindo simular virtualmente a posição ideal dos implantes e realizar a cirurgia de forma minimamente invasiva. Essa abordagem reduz o tempo operatório, melhora a previsibilidade e minimiza complicações pós-operatórias. O uso de guias cirúrgicos impressos em 3D, baseados nesses dados, representa uma das mais avançadas aplicações da odontologia digital contemporânea (SHUJAAT *et al*., 2021).

A ortodontia também se beneficia amplamente do uso de scanners intraorais. O escaneamento digital possibilita a análise precisa do posicionamento dentário, da oclusão e das relações intermaxilares, sem necessidade de moldes físicos. Os modelos digitais tridimensionais permitem planejar tratamentos com alinhadores ortodônticos personalizados, simulando virtualmente as movimentações dentárias e o resultado final antes mesmo do início do tratamento. Essa tecnologia promove maior previsibilidade terapêutica e melhora a comunicação entre ortodontista e paciente, além de reduzir o tempo laboratorial e o desconforto causado pelas moldagens convencionais (SUGANNA *et al*., 2022).

No campo da odontopediatria, o escaneamento digital representa um avanço importante no atendimento de crianças e pacientes com necessidades especiais. Os scanners intraorais de ponta pequena e rápida captura minimizam o desconforto e o reflexo de náusea durante o procedimento. Além disso, permitem monitorar o crescimento craniofacial e as alterações dentárias ao longo do tempo, uma vez que os modelos digitais podem ser arquivados e comparados longitudinalmente. Essa característica é particularmente útil no acompanhamento de pacientes com fissuras labiopalatinas, nos quais a precisão dos registros é essencial para o planejamento cirúrgico e protético (UNNIKRISHNAN *et al.*, 2024).

No contexto da odontologia estética, o escaneamento digital possibilita um planejamento mais preciso e visualmente previsível. A integração do escaneamento digital com softwares de design facial permite alinhar a estética dentária à harmonia facial, criando simulações realistas do sorriso final. Esse recurso aumenta a satisfação do paciente, que pode visualizar e aprovar o resultado antes da execução do tratamento. Além disso, os dados obtidos pelo scanner auxiliam na confecção de laminados cerâmicos ultrafinos e restaurações indiretas com ajuste marginal otimizado (OZ; CANATAN; BOLAY, 2020).

O uso de escaneamento digital também impacta a pesquisa e o ensino odontológico. O treinamento em escaneamento digital nas faculdades de odontologia promove a formação de profissionais mais adaptados às exigências tecnológicas atuais. Os estudantes aprendem não apenas o uso técnico do equipamento, mas também o raciocínio digital aplicado ao planejamento e execução de tratamentos. O autor aponta que a inserção dessa tecnologia no currículo acadêmico é essencial para garantir uma transição efetiva para a odontologia 4.0, caracterizada pela integração entre tecnologia, eficiência e personalização (MOURA, 2023).

Por fim, a integração do escaneamento digital aos fluxos de impressão 3D e manufatura aditiva amplia ainda mais suas aplicações clínicas. Com os modelos digitais obtidos por escaneamento, é possível imprimir guias cirúrgicos, modelos de estudo e provisórios com altíssima precisão. Essa convergência entre escaneamento, design digital e impressão tridimensional representa o ápice da odontologia digital integrada, permitindo que todas as etapas — diagnóstico, planejamento, fabricação e entrega — sejam realizadas de forma digital, eficiente e personalizada (DALKIZ; ÖZER; DALKIZ, 2024).

2.4 Desafios, limitações e perspectivas futuras do escaneamento digital

Apesar dos avanços expressivos e da ampla adoção do escaneamento digital na odontologia moderna, sua implementação ainda enfrenta desafios significativos, tanto de ordem técnica quanto econômica e educacional. O principal obstáculo à plena consolidação dessa tecnologia está relacionado à curva de aprendizado e ao alto investimento inicial exigido para aquisição dos equipamentos. O domínio do fluxo digital requer treinamento intensivo e constante atualização profissional, uma vez que a rápida evolução tecnológica torna obsoletos softwares e dispositivos em poucos anos. Além disso, os custos de manutenção e calibração dos scanners podem impactar negativamente clínicas de pequeno e médio porte, especialmente em países em desenvolvimento (DALKIZ; ÖZER; DALKIZ, 2024).

Outro fator que limita a adoção universal dos scanners intraorais é a complexidade técnica do processo de captura, que exige atenção a diversos fatores clínicos. A presença de saliva, sangramento ou movimentação do paciente pode comprometer a precisão da leitura óptica, resultando em distorções ou áreas não digitalizadas. A correta angulação da ponta do scanner, a velocidade de varredura e a iluminação do ambiente influenciam diretamente a qualidade dos modelos obtidos. Apesar de as novas gerações de scanners apresentarem algoritmos automáticos de correção, o fator humano ainda desempenha papel essencial na acurácia final do processo (ALQAHTANI, 2024).

A questão da acurácia em arcos completos permanece uma das limitações mais discutidas na literatura. Embora os scanners digitais apresentem excelente precisão para restaurações unitárias e próteses de curta extensão, a fidelidade das imagens tende a diminuir em digitalizações de arcadas completas, principalmente devido ao acúmulo de pequenos erros de sobreposição durante a reconstrução

tridimensional. Essa limitação restringe o uso do escaneamento digital em casos que exigem alto grau de precisão intermaxilar, como reabilitações totais e próteses fixas múltiplas. Entretanto, avanços em softwares de alinhamento e calibração têm progressivamente reduzido esse problema (CELEGHIN *et al*., 2021).

No campo da implantodontia, o escaneamento digital ainda enfrenta limitações quando aplicado a situações de múltiplos implantes ou angulações extremas. As superfícies metálicas dos pilares e *scan bodies* podem gerar reflexos indesejáveis, dificultando a leitura óptica. Além disso, a ausência de pontos de referência anatômicos fixos em arcos edêntulos exige a utilização de marcadores artificiais para garantir a fidelidade do modelo. Apesar desses desafios, os autores destacam que o avanço dos algoritmos de correção automática e o uso de resinas opacificantes têm melhorado significativamente os resultados clínicos, tornando o escaneamento cada vez mais confiável para próteses sobre implantes (RUTKŪNAS; AUSKALNIS; PLETKUS, 2024).

A limitação de interoperabilidade entre sistemas também representa um entrave à ampla adoção do escaneamento digital. Os sistemas fechados, comuns em algumas marcas comerciais, restringem o uso dos arquivos a plataformas proprietárias, dificultando a comunicação entre softwares e equipamentos de diferentes fabricantes. Essa falta de padronização tecnológica compromete o fluxo de trabalho colaborativo entre clínicas e laboratórios, além de limitar o potencial de inovação. Por essa razão, a tendência do mercado tem sido a valorização dos sistemas abertos, que utilizam formatos universais e garantem maior flexibilidade de uso (SUESE, 2020).

Sob o ponto de vista econômico, o custo de aquisição dos scanners e dos sistemas CAD/CAM ainda é um fator limitante para muitos profissionais, sobretudo em clínicas de pequeno porte. Embora o investimento inicial possa ser compensado ao longo do tempo pela redução de retrabalhos e otimização dos atendimentos, a realidade financeira de boa parte dos consultórios brasileiros ainda torna essa tecnologia inacessível. O autor enfatiza a importância de políticas institucionais e educacionais que promovam a inserção gradual da odontologia digital nas universidades e clínicas-escola, preparando futuros cirurgiões-dentistas para o uso racional e eficiente dessas ferramentas (MOURA, 2023).

O aspecto educacional constitui, portanto, uma das barreiras mais relevantes à expansão da odontologia digital. Foi realizado um estudo em cursos de graduação de

uma capital brasileira, verificou-se que a maioria das instituições ainda não dispõe de infraestrutura adequada para o ensino de sistemas CAD/CAM. Essa lacuna na formação acadêmica faz com que muitos profissionais entrem no mercado sem preparo para operar equipamentos digitais, perpetuando a resistência à adoção de novas tecnologias. A inclusão de disciplinas práticas e teóricas voltadas à digitalização é essencial para consolidar o ensino odontológico alinhado às exigências do século XXI (MOURA, 2023).

Do ponto de vista técnico, a calibração inadequada dos scanners e o uso de algoritmos desatualizados podem comprometer a acurácia das imagens e gerar falhas de registro. Essas inconsistências podem resultar em restaurações com má adaptação ou oclusão incorreta, exigindo ajustes clínicos adicionais. O uso indiscriminado da tecnologia, sem compreensão de seus princípios ópticos e limitações operacionais, pode gerar resultados clínicos inferiores aos obtidos com técnicas convencionais bem executadas. Assim, a digitalização deve ser acompanhada de capacitação contínua e senso crítico do profissional (ALBAYRAK *et al*., 2020).

Além das limitações técnicas e econômicas, há também desafios relacionados à gestão de dados digitais. O armazenamento e compartilhamento de arquivos tridimensionais em nuvem exigem medidas de segurança cibernética rigorosas, a fim de proteger as informações clínicas e evitar o uso indevido de dados sensíveis. Com o aumento do volume de informações digitais geradas diariamente, torna-se indispensável o uso de sistemas criptografados e o cumprimento das legislações de proteção de dados, como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). A digitalização, portanto, amplia não apenas as possibilidades clínicas, mas também as responsabilidades éticas do cirurgião-dentista (SHUJAAT et al., 2021).

A integração da inteligência artificial representa uma das principais perspectivas futuras para o escaneamento digital. A IA tem potencial para automatizar etapas do processo clínico, como o reconhecimento automático de margens, a detecção de imperfeições e a correção de distorções em tempo real. Combinada à análise de *big data* (grandes volumes de dados), essa tecnologia pode auxiliar na tomada de decisões clínicas, propondo planos de tratamento personalizados com base em milhares de casos semelhantes. A IA também tende a reduzir a dependência do operador, aumentando a padronização e a confiabilidade dos resultados (DALKIZ; ÖZER; DALKIZ, 2024).

Outra tendência promissora é a integração entre escaneamento digital, manufatura aditiva e realidade aumentada. O uso combinado dessas tecnologias permitirá simular procedimentos clínicos em ambiente virtual antes da execução real, aumentando a segurança e previsibilidade dos tratamentos. Essa sinergia entre tecnologias digitais impulsionará a odontologia para um novo patamar de precisão e personalização, tornando os atendimentos mais eficientes e centrados nas necessidades específicas de cada paciente (YESLAM; MALTZAHN; NASSAR, 2024).

Por fim, os avanços esperados na miniaturização de sensores, na velocidade de processamento e na conectividade dos scanners apontam para um futuro cada vez mais integrado. Nos próximos anos, o escaneamento digital se tornará uma prática rotineira em todas as áreas odontológicas, desde o diagnóstico até a reabilitação. Os scanners sem fio, compactos e com integração em nuvem deverão substituir definitivamente as moldagens físicas, promovendo uma odontologia mais sustentável, eficiente e digitalmente orientada (LEE; KU; JUN, 2024).

2.5 Comparativo entre métodos convencionais e digitais

A comparação entre os métodos convencionais de moldagem e os sistemas digitais representa um dos pontos mais discutidos na literatura odontológica contemporânea. O escaneamento digital transformou a maneira como o cirurgião-dentista obtém os registros das arcadas, substituindo as moldagens tradicionais em gesso ou silicone por capturas ópticas tridimensionais. Essa mudança não apenas reduziu o desconforto do paciente, mas também eliminou etapas laboratoriais propensas a erro, como a deformação do material de moldagem ou a expansão do gesso. Embora o método convencional ainda apresente bons resultados quando corretamente executado, o digital se sobressai em termos de precisão, reprodutibilidade e agilidade clínica (KUKULKA *et al*., 2024).

A comparação entre coroas confeccionadas pelo sistema CEREC e aquelas obtidas por técnicas convencionais demonstrou que o design biogenérico automatizado dos sistemas CAD/CAM proporciona adaptação oclusal superior e contatos proximais mais previsíveis, reduzindo o retrabalho clínico. Verificou-se também que o tempo total de confecção das restaurações é significativamente menor no método digital, evidenciando maior eficiência e precisão. A consistência dimensional e a possibilidade de armazenar e reproduzir o modelo digital sem a

necessidade de novo escaneamento configuram avanços relevantes em padronização e produtividade (WANG *et al*., 2020).

A análise comparativa entre métodos digitais e convencionais demonstrou que, apesar dos scanners digitais apresentarem elevados níveis de acurácia, a precisão dos resultados pode variar conforme a extensão da área escaneada. Em arcos completos, pequenas discrepâncias de alinhamento tendem a se acumular, ocasionando distorções perceptíveis. Já em restaurações unitárias ou de curta extensão, o método digital supera amplamente o convencional em fidelidade e velocidade de execução. Dessa forma, os fluxos digitais mostram-se mais adequados em situações clínicas que demandam agilidade e conforto, enquanto as técnicas convencionais ainda se mantêm indicadas para casos extensos ou de maior complexidade (AMORNVIT; ROKAYA; SANOHKAN, 2021).

O método digital proporciona maior estabilidade dimensional na reprodução das estruturas bucais, especialmente em próteses sobre implantes. A ausência de materiais de moldagem elimina variáveis como temperatura, umidade e tempo de presa, comuns nos métodos convencionais. No entanto, os autores salientam que a precisão dos scanners depende da calibração do equipamento e da experiência do operador. Assim, o sucesso clínico está diretamente relacionado à capacitação profissional e à manutenção técnica dos dispositivos (ALBAYRAK *et al*., 2020).

A análise comparativa entre próteses obtidas por moldagem convencional e por escaneamento digital demonstrou que as restaurações confeccionadas por meio do fluxo digital apresentaram discrepâncias marginais menores e adaptação oclusal mais precisa. A eliminação de distorções causadas pela contração do material de moldagem e pela expansão do gesso foi identificada como o principal diferencial do método digital, assegurando melhor estabilidade dimensional e previsibilidade clínica (CELEGHIN *et al*., 2021).

Da mesma forma, a comparação entre moldagens convencionais e digitais em próteses fixas com preparo vertical evidenciou desempenho superior dos scanners em relação à *trueness* (veracidade) e à precisão. Além da qualidade técnica, observou-se maior ergonomia para o profissional e conforto para o paciente, que não necessita suportar materiais volumosos ou com sabor desagradável. O fluxo digital também possibilitou o armazenamento em nuvem e a comunicação direta com laboratórios, otimizando o tempo de produção e minimizando falhas durante o processo protético (GARCÍA-GIL *et al*., 2020).

Em um estudo voltado à prótese parcial removível, analisaram a acurácia de estruturas metálicas produzidas por CAD/CAM, prototipagem rápida e método convencional. Os resultados mostraram que o fluxo digital apresentou melhor adaptação marginal e menor necessidade de ajustes clínicos. No entanto, os autores ressaltam que a tecnologia requer infraestrutura adequada e software compatível, fatores que podem representar desafios para clínicas com recursos limitados. Ainda assim, o ganho em previsibilidade e repetibilidade do processo justifica o investimento (AHMED *et al*., 2021).

A comparação entre próteses totais confeccionadas por métodos convencionais e por escaneamento digital demonstrou que o método digital apresenta menor variação dimensional e maior fidelidade nas bordas periféricas. Além disso, possibilita a duplicação rápida de próteses já existentes sem a necessidade de nova moldagem, o que reduz o tempo clínico e aumenta o conforto do paciente, especialmente em idosos e em indivíduos com reflexo de vômito acentuado (ALEHAIDEB *et al*., 2023).

Na odontologia restauradora, observa-se que os sistemas digitais contribuem para a minimização de erros humanos e oferecem maior previsibilidade estética e funcional. O processo digital elimina a dependência de habilidades manuais específicas na manipulação de materiais de moldagem, promovendo resultados mais consistentes. A possibilidade de realizar ajustes virtuais antes da fresagem ou impressão 3D também reduz desperdícios e diminui o número de consultas necessárias para a finalização dos tratamentos (SUESE, 2020).

Apesar dos avanços, a curva de aprendizado necessária para a utilização adequada dos scanners e softwares CAD/CAM ainda constitui uma barreira relevante, sobretudo para profissionais com formação mais tradicional. A constante atualização tecnológica e a necessidade de capacitação podem gerar resistência inicial. Entretanto, após o período de adaptação, o método digital revela-se mais eficiente, sustentável e alinhado às exigências contemporâneas da odontologia moderna (KUKULKA *et al.*, 2024).

No âmbito educacional, a integração de fluxos digitais aos cursos de graduação em odontologia é fundamental para que os futuros profissionais dominem tanto as técnicas convencionais quanto as digitais. Essa abordagem assegura que a escolha metodológica seja guiada por critérios técnicos e clínicos, e não apenas por familiaridade com os procedimentos. A coexistência equilibrada entre as duas

abordagens representa um passo essencial para o avanço e consolidação da odontologia digital no Brasil (MOURA, 2023).

A tendência para o futuro da prática odontológica aponta para um modelo híbrido, combinando a precisão dos fluxos digitais com a experiência clínica consolidada dos métodos convencionais. Essa integração permite ao cirurgião-dentista selecionar o método mais adequado a cada caso, levando em consideração fatores como custo, complexidade e finalidade do tratamento. O equilíbrio entre inovação tecnológica e prática clínica consolidada configura-se como a base de uma odontologia mais eficiente, sustentável e centrada no paciente (DALKIZ; ÖZER; DALKIZ, 2024).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Tipo de Pesquisa

Este estudo trata-se de uma revisão de literatura com abordagem qualitativa, descritiva e exploratória, voltada para a análise crítica de publicações científicas sobre o escaneamento digital na odontologia. O objetivo foi compreender, com base em evidências recentes, os avanços tecnológicos, as aplicações clínicas, os benefícios, limitações e perspectivas futuras dessa tecnologia em comparação com os métodos convencionais de moldagem.

A revisão de literatura, enquanto método de investigação, visa reunir e interpretar criticamente o conhecimento científico já produzido sobre determinado tema, possibilitando uma compreensão aprofundada e atualizada dos aspectos técnicos e clínicos relacionados ao escaneamento digital.

3.2 Critérios de Inclusão

Foram incluídos na pesquisa artigos científicos publicados entre os anos de 2020 e 2024, disponíveis em português ou inglês, que abordassem diretamente temas relacionados ao escaneamento digital intraoral, fluxos CAD/CAM, impressão 3D e odontologia digital.

Os estudos selecionados deveriam apresentar dados técnicos, clínicos ou comparativos entre métodos digitais e convencionais, além de contribuir para a discussão sobre precisão, eficiência e aplicabilidade clínica do escaneamento digital.

3.3 Fontes de Pesquisa

As buscas bibliográficas foram realizadas nas bases de dados PubMed, SciELO (Scientific Electronic Library Online), Google Scholar e ResearchGate, selecionadas por sua relevância científica e ampla indexação de estudos odontológicos.

Essas plataformas foram escolhidas por disponibilizarem artigos revisados por pares, atualizados e com rigor metodológico, o que garantiu credibilidade e consistência científica aos resultados da revisão.

3.4 Procedimentos de Coleta de Dados

A coleta de dados foi conduzida por meio de leitura exploratória e seletiva dos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos encontrados nas bases de dados.

Foram utilizados descritores em português e inglês, combinados com operadores booleanos, tais como: escaneamento digital, odontologia digital, CAD/CAM, *intraoral scanner*, *digital impression*, *3D printing in dentistry* e *digital workflow*.

Após a triagem inicial, os artigos mais adequados aos objetivos do estudo foram lidos integralmente e avaliados de forma crítica. As informações obtidas foram organizadas em categorias temáticas, contemplando:

1. Evolução histórica do escaneamento digital;
2. Princípios de funcionamento e aspectos técnicos;
3. Aplicações clínicas e especialidades envolvidas;
4. Limitações, desafios e perspectivas futuras.

Essa sistematização permitiu identificar padrões, divergências e tendências entre os estudos analisados.

3.5 Aspectos Éticos e Legais

Por se tratar de uma pesquisa exclusivamente bibliográfica, sem envolvimento direto de seres humanos ou coleta de dados clínicos, este estudo dispensa aprovação

por Comitê de Ética em Pesquisa, conforme as diretrizes da Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

Todas as fontes utilizadas foram devidamente referenciadas de acordo com as normas da ABNT (NBR 6023/2023), assegurando o respeito aos princípios éticos, legais e de integridade acadêmica.

3.6 Análise de Dados

A análise dos dados coletados seguiu uma abordagem qualitativa e descritiva, priorizando a interpretação crítica e comparativa dos resultados apresentados nos estudos selecionados.

As informações foram agrupadas segundo a relevância para os objetivos do trabalho e sintetizadas em eixos temáticos. Essa organização possibilitou a identificação das principais tendências tecnológicas, benefícios clínicos, limitações operacionais e perspectivas futuras do escaneamento digital na odontologia.

Os resultados foram integrados à seção de Resultados e Discussão, contribuindo para a construção de uma análise abrangente, coerente e fundamentada sobre o tema.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A literatura evidencia que o escaneamento digital representa um marco no avanço da odontologia contemporânea. Os estudos analisados apontam que os métodos digitais alcançam níveis elevados de precisão e previsibilidade, superando as técnicas convencionais em diversas aplicações clínicas. Essa mudança reflete uma evolução do paradigma analógico para o digital, em que o cirurgião-dentista passa a atuar com base em dados tridimensionais, reduzindo erros e otimizando o tempo de trabalho (KUKULKA *et al*., 2024; CELEGHIN *et al.*, 2021).

Na prótese fixa, o escaneamento digital proporciona uma reprodução fidedigna dos detalhes anatômicos, oferecendo maior precisão na delimitação dos preparos e adaptação marginal superior das restaurações. As restaurações obtidas por fluxos digitais apresentam discrepâncias menores e menor necessidade de ajustes oclusais, garantindo maior estabilidade funcional e estética. A eliminação das etapas de

moldagem física e manipulação de materiais também reduz significativamente as fontes de erro e melhora a previsibilidade dos resultados clínicos (CELEGHIN *et al*., 2021; GARCÍA-GIL *et al.*, 2020).

Em próteses totais e reabilitações extensas, os resultados demonstram que o método digital oferece benefícios como maior controle das bordas periféricas, reprodução fiel de próteses pré-existentes e redução do desconforto durante o atendimento, especialmente em pacientes com reflexo de náusea exacerbado. Contudo, a ausência de marcos anatômicos nítidos em arcos totalmente edêntulos ainda impõe desafios à captura digital, tornando necessária a utilização de protocolos específicos, marcadores ópticos e softwares de alinhamento avançados. Mesmo assim, o fluxo digital tem se mostrado promissor quando aplicado com rigor técnico e planejamento adequado (ALEHAIDEB et al., 2023; MARAGLIANO-MUNIZ; KUKUCKA, 2020).

Na implantodontia, a utilização do escaneamento digital mostrou-se eficaz para o registro tridimensional da posição dos implantes, permitindo a confecção de pilares personalizados e próteses com excelente adaptação passiva. A integração com a tomografia computadorizada de feixe cônico possibilita o planejamento reverso e a fabricação de guias cirúrgicos digitais, favorecendo uma abordagem mais previsível, segura e minimamente invasiva. Apesar disso, ainda existem desafios técnicos, como reflexos em superfícies metálicas e dificuldades em múltiplas angulações, que exigem calibração adequada e softwares otimizados (RUTKŪNAS; AUSKALNIS; PLETKUS, 2024; ALBAYRAK *et al*., 2020).

Na ortodontia, o escaneamento digital ampliou significativamente a capacidade de diagnóstico e planejamento. Os modelos tridimensionais permitem simular movimentações dentárias e prever o resultado final antes do início do tratamento, proporcionando maior previsibilidade e comunicação entre profissional e paciente. O uso de alinhadores personalizados, baseados em modelos digitais, tornou-se uma realidade cada vez mais comum e precisa na prática clínica (SUGANNA *et al*., 2022; UNNIKRISHNAN *et al.*, 2024).

Na odontopediatria, o escaneamento digital se destaca pela rapidez e conforto proporcionados aos pacientes. A captura sem moldagens tradicionais minimiza o desconforto e o reflexo de náusea, facilitando o atendimento de crianças e pacientes com necessidades especiais. Além disso, o armazenamento digital das imagens permite o acompanhamento longitudinal do crescimento craniofacial e das alterações

dentárias, auxiliando na detecção precoce de anomalias e no planejamento terapêutico (UNNIKRISHNAN *et al*., 2024).

Na odontologia estética, a integração do escaneamento digital com softwares de design facial permite harmonizar a estética dentária com as proporções faciais do paciente, possibilitando simulações realistas do sorriso final antes da execução do tratamento. Esse recurso aumenta a previsibilidade estética e melhora a aceitação do paciente, além de otimizar o tempo de planejamento e execução clínica (OZ; CANATAN; BOLAY, 2020).

A digitalização também trouxe benefícios na comunicação entre clínicas e laboratórios. O envio de arquivos digitais elimina o transporte físico de moldagens, reduzindo erros, tempo de produção e custos operacionais. A interoperabilidade de formatos abertos, como STL e PLY, possibilita o uso de diferentes softwares e impressoras, aumentando a flexibilidade dos fluxos de trabalho e a integração entre profissionais (WANG *et al.*, 2020; AHMED *et al*., 2021).

Apesar de seus benefícios, a adoção plena do escaneamento digital ainda enfrenta desafios relacionados ao custo dos equipamentos, à necessidade de treinamento profissional e à rápida obsolescência tecnológica. A falta de infraestrutura e a resistência à mudança, especialmente entre profissionais formados em metodologias tradicionais, retardam a incorporação dessa tecnologia em algumas clínicas e instituições de ensino. A inclusão de disciplinas específicas sobre odontologia digital na graduação é fundamental para formar profissionais mais adaptados à realidade tecnológica atual (MOURA, 2023; KUKULKA *et al*., 2024).

A interoperabilidade entre sistemas e a segurança dos dados digitais também merecem atenção. O uso de plataformas fechadas limita a compatibilidade entre equipamentos e softwares de diferentes fabricantes, dificultando a troca de informações. Além disso, o armazenamento em nuvem exige rigorosos protocolos de segurança, em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados, a fim de preservar a confidencialidade das informações clínicas (SUESE, 2020; SHUJAAT *et al.*, 2021).

As perspectivas futuras indicam que o escaneamento digital continuará evoluindo com a integração de tecnologias como inteligência artificial, manufatura aditiva e realidade aumentada. Essas inovações permitirão maior automação das etapas clínicas, personalização dos tratamentos e redução da dependência da habilidade manual do operador. O avanço dos algoritmos de reconstrução e análise

tridimensional tende a transformar o escaneamento digital em uma ferramenta indispensável para o planejamento e execução de tratamentos odontológicos (DALKIZ; ÖZER; DALKIZ, 2024; YESLAM; MALTZAHN; NASSAR, 2024).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da literatura permitiu compreender o escaneamento digital como uma das mais expressivas inovações da odontologia contemporânea. Seu desenvolvimento histórico revela um percurso de inovação contínua, guiado pela busca de precisão, eficiência e personalização. A odontologia digital, outrora um conceito experimental, consolidou-se como realidade clínica e laboratorial, sustentada pela integração entre ciência, tecnologia e prática profissional. Essa convergência transformou profundamente os paradigmas da reabilitação oral, estabelecendo o planejamento virtual como novo alicerce da odontologia moderna, capaz de unir previsibilidade funcional, excelência estética e otimização dos resultados clínicos.

O princípio fundamental do escaneamento digital baseia-se na captura de milhares de pontos da superfície dentária, os quais são convertidos em uma malha tridimensional de alta fidelidade. O scanner atua como um sensor óptico que projeta feixes de luz estruturada ou laser sobre as estruturas dentárias, captando o padrão de reflexão e reconstruindo digitalmente o modelo em tempo real. Esse processo substitui as moldagens físicas convencionais, eliminando etapas manuais suscetíveis a erros e permitindo a obtenção de réplicas digitais com precisão micrométrica. Tais modelos virtuais se tornaram base para restaurações, próteses, guias cirúrgicos e planejamentos digitais integrados. Entretanto, a qualidade da captura depende de fatores clínicos, como reflexividade da superfície dentária, presença de saliva ou sombra, o que exige do operador domínio técnico sobre o movimento do scanner, o ângulo de incidência da luz e a velocidade de varredura. Assim, o treinamento clínico contínuo é indispensável para garantir registros precisos, reduzir falhas de leitura e assegurar confiabilidade ao processo digital.

Os resultados analisados demonstraram que o escaneamento digital está amplamente presente em diversas especialidades odontológicas, com benefícios significativos. Na prótese fixa e sobre implantes, assegura adaptação marginal superior, maior previsibilidade estética e redução do retrabalho clínico. Na implantodontia, sua integração com a tomografia computadorizada de feixe cônico permite o desenvolvimento de guias cirúrgicos personalizados, proporcionando cirurgias mais seguras e minimamente invasivas. Na ortodontia, viabiliza o planejamento virtual com alinhadores personalizados e simulação digital dos resultados, aumentando o engajamento e a satisfação do paciente. Em odontopediatria, reduz o desconforto e o reflexo de náusea durante os procedimentos, além de facilitar o acompanhamento longitudinal do desenvolvimento dentário. Já na odontologia estética, possibilita o planejamento digital do sorriso, integrando o design dentário à harmonia facial e elevando o padrão de previsibilidade estética. Esses exemplos confirmam que o escaneamento digital não apenas aprimora o desempenho técnico, mas também melhora a experiência clínica do paciente e a produtividade profissional.

A consolidação dessa tecnologia reflete também um avanço pedagógico e científico. Sua inserção em programas de graduação e pós-graduação representa passo essencial para a formação de profissionais preparados para a odontologia digital. O ensino voltado ao domínio de sistemas CAD/CAM, softwares de design e impressão 3D amplia a competência técnica e estimula uma visão crítica sobre o uso racional das ferramentas digitais. Assim, a integração entre tecnologia e educação garante que o cirurgião-dentista do futuro seja não apenas um executor de procedimentos, mas também um gestor de informações, capaz de interpretar dados digitais e transformá-los em soluções clínicas seguras e personalizadas.

Contudo, o estudo evidencia que a incorporação plena do escaneamento digital ainda enfrenta desafios consideráveis. O alto custo de aquisição dos equipamentos, a necessidade de manutenção e calibração periódica, e a curva de aprendizado para o domínio das técnicas de varredura e softwares de modelagem representam barreiras reais à sua adoção em clínicas de pequeno e médio porte. Além disso, fatores como a interoperabilidade limitada entre sistemas de diferentes fabricantes e a necessidade de adequação às normas de segurança digital — especialmente no que se refere à proteção de dados sensíveis, conforme a Lei Geral de Proteção de Dados — reforçam a importância de uma implantação planejada e responsável. A

superação dessas barreiras exige investimento em capacitação, políticas educacionais voltadas à inclusão tecnológica e incentivos à modernização das práticas clínicas.

Outro aspecto relevante refere-se à mudança de mentalidade exigida dos profissionais. O sucesso na utilização do escaneamento digital não depende apenas da aquisição de equipamentos modernos, mas principalmente da capacidade de compreender seus princípios ópticos, interpretar criticamente seus resultados e integrá-los ao raciocínio clínico. O domínio técnico do scanner deve ser acompanhado de sensibilidade clínica, de modo que o profissional saiba quando e como empregar o método digital de forma mais vantajosa, considerando a individualidade de cada caso. Assim, o escaneamento digital deve ser visto não como substituto absoluto das técnicas convencionais, mas como complemento evolutivo que amplia as possibilidades de diagnóstico, planejamento e reabilitação.

Os avanços recentes, impulsionados pela inteligência artificial, manufatura aditiva e realidade aumentada, indicam um futuro ainda mais promissor para o escaneamento digital. A integração de algoritmos de aprendizado de máquina ao processo de captura e reconstrução 3D tende a automatizar etapas, aprimorar a precisão dos registros e reduzir a dependência da habilidade manual do operador. Somado a isso, a análise de *big data* permitirá desenvolver padrões personalizados de tratamento, baseados em predições clínicas e biométricas. Essa evolução tecnológica aponta para uma odontologia cada vez mais interconectada, precisa e centrada no paciente.

Conclui-se que o escaneamento digital representa uma ferramenta consolidada, inovadora e em constante expansão, com potencial para redefinir os paradigmas da prática odontológica. Sua adoção consciente, fundamentada em conhecimento técnico, atualização científica e senso crítico, tem o poder de elevar a qualidade assistencial, reduzir erros clínicos e promover uma odontologia mais previsível, sustentável e humanizada. O cirurgião-dentista do século XXI, diante desse cenário, assume o papel de mediador entre o avanço tecnológico e o cuidado com o paciente, utilizando o escaneamento digital não apenas como instrumento de precisão, mas como expressão do compromisso ético e científico com a excelência em saúde bucal.

REFERÊNCIAS

AHMED, Naseer; ABBASI, Maria Shakoor; HAIDER, Sara; AHMED, Nimra; HABIB, Syed Rashid; ALTAMASH, Sara; ZAFAR, Muhammad Sohail; ALAM, Mohammad Khursheed. **Fit Accuracy of Removable Partial Denture Frameworks Fabricated with CAD/CAM, Rapid Prototyping, and Convetional Techniques: A Systematic Review.** 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/354425851_Fit_Accuracy_of_Removable_Partial_Denture_Frameworks_Fabricated_with_CADCAM_Rapid_Prototyping_and_Conventional_Techniques_A_Systematic_Review. Acesso em: 14 mar. 2025.

ALBAYRAK, Berkman; WEE, Alvin; SUKOTJO, Cortino; KORKMAZ, İsmail Hakkı. **Three-Dimensional Accuracy of Conventional Versus Digital Complete Arch Implant Impressions.** 2020. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32935894/. Acesso em: 27 ago. 2025.

ALEHAIDEB, Andullah; CHU, Tien-Min G.; LIN, Wei-Shao; YANG, Chao-Chieh; LEVON, John A. **Accuracy of digital duplication scanning methods for complete dentures.** 2023. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jopr.13788. Acesso em: 21 jul. 2025.

ALFAIFI, Mohammed A.; ALTOMAN, Majed S.; ALHELAL, Abdulaziz A.; AHMED, Walaa Magdy; AZHARI, Amr Ahmed; KATTADIYIL, Mathew T.; ALQARNI, Hatem. **A novel digital workflow for fabricating artificial periodontal ligament using three-dimensional printing flexible resin: A dental technique.** 2024. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1013905223002122. Acesso em: 18 fev. 2025.

ALQAHTANI, Sultan Awad Hasan. **Enhancing dental practice: cutting-edge digital innovations.** 2024. Disponível em: https://www.scielo.br/j/bjos/a/yXmS5rqcPMH8GMy8rRRD9jb/?format=html&lang=en. Acesso em: 11 maio 2025.

AMORNVIT, Pokpong; ROKAYA, Dinesh; SANOHKAN, Sasiwimol. **Comparison of Accuracy of Current Tem Intraoral Scanners.** 2021. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34552983/. Acesso em: 08 ago. 2025.

ARDILA, Carlos M.; ELORZA-DURÁN, Andrés; ARRUBLA-ESCOBAR, Daniel. **Efficacy of CAD/CAM Technology in Interventions Implemented in Orthdontics: A Scoping Review of Clinical Trials.** 2022. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35692590/. Acesso em: 17 jun. 2025.

AWAD, Jyotsna Unnikrishnan; BAKR, Mahmoud; LOVE, Robert; IDRIS, Ghassan. **Enhancing Effective Scanning Techniques for Digital Impression in Neonates with Cleft Lip and/or Palate: A Laboratory Study Investigating the Impacto of Different Scanners, Scanning Tip Sizes, and Strategies.** 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/382107781_The_Accuracy_of_Digital_Impressions_versus_Conventional_Impressions_in_Neonates_with_Cleft_Lip_andor_Palate_A_Laboratory-Based_Study. Acesso em: 23 jul. 2025.

BOFFANO, Paolo; PEZZANA, Andrea; CORIO, Chiara; BENECH, Arnaldo; BRUCOLI, Matteo. **The use of optical scanner for the fabrication of maxillary obturator protheses.** 2020. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32147758/. Acesso em: 04 set. 2025.

CAMARGO KUKULKA, Elisa; SOUZA, Joyce Rodrigues de; GOMES, Michelle de Sá dos Santos; ANDREATTA FILHO, Osvaldo Daniel; NISHIOKA, Renato Sussumo. **Moldagem em prótese parcial fixa: método convencional versus digital.** 2024. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rgo/a/JmMN35wPsc765DWxBPDcSdP/?format=html&lang=en. Acesso em: 16 abr. 2025.

CELEGHIN, Giordano; FRANCESCHETTI, Giulio; MOBILIO, Nicola; FASIOL, Alberto; CATAPANO, Santo; CORSALINI, Massimo; GRANDE, Francesco. **Complete-Arch Accuracy of Four Intraoral Scanners: An In Vitro Study.** 2021. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33804310/. Acesso em: 22 mar. 2025.

DALKIZ, Mehmet; ÖZER, Ayşenur; DAKIZ, Ibrahim Serhat. **SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW OF THE DIGITAL DENTISTRY.** 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/377761034_SYSTEMATIC_LITERATURE_REVIEW_OF_THE_DIGITAL_DENTISTRY. Acesso em: 12 set. 2025.

DOI, Kazuya; YOSHIGA, Chihiro; KOBATAKE, Reiko; KAWAGOE, Maiko; WAKAMATSU, Kaien; TSUGA, Kazuhiro. **Use of an intraoral scanner to evaluate oral health.** 2021. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34108300/. Acesso em: 02 fev. 2025.

GARCÍA-GIL, Ignacio; PEREZ DE LA CALLE, Celia; LOPEZ-SUAREZ, Carlos; PONTEVEDRA, Paula; SUAREZ, Maria J. **Comparative analysis of trueness between conventional and digital impression in dental-supported fixed dental prosthesis with vertical preparation.** 2025. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32994882/. Acesso em: 25 mar. 2025.

JABRI, MA; WU, S.; PAN, Y.; WANG, L. **An Overview on the Veracity of Intraoral Digital Scanning System and Utilization of iTero Scanner for Analyzing Orthodontic Study Models Both In-Vivo and Ex-Vivo.** 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/348809852_An_overview_on_the_veracity_of_intraoral_digital_scanning_system_and_utilization_of_iTero_scanner_for_analyzing_orthodontic_study_models_both_In-Vivo_and_Ex-Vivo. Acesso em: 15 jun. 2025.

KRASDEV, Tihomir; PAYER, Michael; KRASTEV, Zhivko; CARDALLES, Juan Francisco Pena; VEGH, Adam; BANYAI, Dorottya; GECZI, Zoltan; VEGH, Daniel. **The Utilisation of CAD/CAM Technology Amongst Austrian Dentists: A Pilot Study.** 2022. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36280398/. Acesso em: 10 ago. 2025.

LEE, Yoomee; KU, Hye-Min; JUN, Mi-Kyoung. **Clinical Application of Intraoral Scanners in Dentistry: A Narrative Review.** 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/387397838_Clinical_Application_of_Intraoral_Scanners_in_Dentistry_A_Narrative_Review. Acesso em: 12 fev. 2025.

MARCHESI, Giulio; PILONI, Alvise Camurri; NICOLIN, Vanessa; TURCO, Gianluca; DI LENARDA, Roberto. **Chairside CAD/CAM Materials: Current Trends of Clinical Uses.** 2021. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34827163/. Acesso em: 08 abr. 2025.

MARAGLIANO-MUNIZ, Pamela; KUKUCKA, Eric D. **Incorporating Digital Dentures into Clinical Practice: Flexible Workflows and Improved Clinical Outcomes.** 2020. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33128422/. Acesso em: 19 jul. 2025.

MOURA, Eduardo da Silva von Zastrow. **ENSINO DO SISTEMA CAD - CAM EM CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA DE UMA CAPITAL BRASILEIRA: ESTUDO TRANSVERSAL.** 2023. Disponível em: https://hdl.handle.net/1843/61593. Acesso em: 06 mai. 2025.

OZ, Fatma Dilsad; BOLAY, Sukran; CANATAN, Simge. **A clinical evaluation of resin nanoceramic CEREC Omnicam restorations associated with several factors.** 2020. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jerd.12691. Acesso em: 09 mar. 2025.

RUTKŪNAS, Vygandas; AUŠKALNIS, Liudas; PLETKUS, Justinas. **Intraoral scanners in implant prosthodontics. A narrative review.** 2024. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38909643/. Acesso em: 24 set. 2025.

SHOPOVA, Dobromira; YORDANOVA, Miroslava; YORDANOVA, Svetlana. **3Shape Digital Design Software in Splints Creation—A Pilot Study.** 2021. Disponível em: https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0041-1739546. Acesso em: 17 set. 2025.

SHUJAAT, Sohaib; BORNSTEIN, Michael M.; PRICE, Jeffery B.; JACOBS, Reinhilde. **Integration of imaging modalities in digital dental workflows - possibilities, limitations, and potential future developments.** 2021. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34520239/. Acesso em: 01 ago. 2025.

SUES E, Kazuhiko. **Progress in digital dentistry: The practical use of intraoral scanners.** 2020. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31723066/. Acesso em: 18 fev. 2025.

SUGANNA, Mahesh; KAUSHER, Hina; AHMED, Sara Tarek; ALHARBI, Haifa Sultan; ALsubaie, Bushra Faraj; DS, Aruna; HALEEM, Shaista; ALI, Abbasi Begum Meer Rownaq. **Contemporary Evidence of CAD-CAM in Dentistry: A Systematic Review.** 2022. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36561580/. Acesso em: 05 jun. 2025.

WANG, Fang; TANG, Qingqing; XI, Shuang; LIU, Ruirui; NIU, Lin. **Comparison and evaluation of the morphology of crowns generated by biogeneric design technique with CEREC chairside system.** 2020. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31945072/. Acesso em: 06 set. 2025.

YESLAM, Hanin E.; MALTZAHN, Nadine Freifrau von; NASSAR, Hani M. **Revolutionizing CAD/CAM-based restorative dental processes and materials with artificial intelligence: a concise narrative review.** 2024. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39040936/. Acesso em: 14 abr. 2025.