




AVALIAÇÃO DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS CAD/CAM NA REABILITAÇÃO ORAL COM IMPLANTES

EVALUATION OF THE MAIN CAD/CAM TECHNOLOGIES IN ORAL REHABILITATION WITH IMPLANTS

EVALUACIÓN DE LAS PRINCIPALES TECNOLOGÍAS CAD/CAM EN REHABILITACIÓN ORAL CON IMPLANTES

 <https://doi.org/10.56238/levv12n30-013>

Data de submissão: 01/10/2022

Data de publicação: 01/11/2022

Cicero Deusdedit Aires Gondim

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo analisar criticamente as principais tecnologias CAD/CAM aplicadas à reabilitação oral com implantes, com ênfase na evolução dos sistemas, nas aplicações clínicas e nos materiais utilizados no fluxo digital. A pesquisa foi conduzida por meio de revisão bibliográfica qualitativa, com recorte temporal entre 2018 e 2022, utilizando fontes brasileiras extraídas de artigos científicos, monografias e trabalhos técnicos. Os resultados demonstram que a incorporação do CAD/CAM na prática odontológica tem promovido avanços significativos na precisão dos procedimentos, na previsibilidade dos tratamentos e na qualidade estética e funcional das reabilitações implantossuportadas. Verificou-se que os sistemas digitais permitem maior controle sobre o planejamento e execução das etapas clínicas, possibilitando a confecção de estruturas com excelente adaptação marginal, durabilidade e personalização anatômica. A literatura analisada também aponta benefícios relevantes no uso de resinas fresadas e cerâmicas avançadas, como a zircônia e o dissilicato de lítio, além da contribuição dos scanners intraorais de alta performance. A redução do tempo clínico, a melhoria na comunicação entre clínica e laboratório e o aumento da satisfação do paciente também foram identificados como impactos positivos decorrentes do uso do CAD/CAM. Apesar dos investimentos iniciais e da necessidade de capacitação, a tecnologia tem se consolidado como ferramenta indispensável para a odontologia reabilitadora moderna, promovendo não só inovação, mas transformação nos fluxos de trabalho clínico e laboratorial. Conclui-se que o uso criterioso e bem planejado das tecnologias CAD/CAM oferece benefícios técnicos e humanos relevantes, configurando-se como alternativa eficaz, previsível e alinhada às exigências contemporâneas de excelência nos tratamentos reabilitadores com implantes.

Palavras-chave: Reabilitação Oral. Implantes Dentários. Tecnologia CAD/CAM. Odontologia Digital. Próteses Implantossuportadas.

ABSTRACT

This article aims to critically analyze the main CAD/CAM technologies applied to oral rehabilitation with dental implants, focusing on the evolution of digital systems, clinical applications, and the materials used in the digital workflow. The research was conducted through a qualitative literature review, covering Brazilian sources published between 2018 and 2022, including scientific articles, monographs, and technical papers. The results demonstrate that the integration of CAD/CAM into dental practice has led to significant advances in procedural accuracy, treatment predictability, and the

aesthetic and functional quality of implant-supported rehabilitations. It was observed that digital systems allow greater control over the planning and execution of clinical steps, enabling the fabrication of prosthetic structures with excellent marginal adaptation, durability, and anatomical customization. The literature also highlights the clinical benefits of milled resins and advanced ceramics, such as zirconia and lithium disilicate, as well as the role of high-performance intraoral scanners. Reductions in chair time, improved communication between clinic and laboratory, and increased patient satisfaction were also identified as positive impacts of CAD/CAM adoption. Despite the initial investment and the need for training, the technology has become an essential tool for modern restorative dentistry, promoting not only innovation but also a transformation of clinical and laboratory workflows. It is concluded that the careful and well-planned use of CAD/CAM technologies offers significant technical and human benefits, making it an effective, predictable, and excellence-oriented alternative for implant-supported oral rehabilitation.

Keywords: Oral Rehabilitation. Dental Implants. CAD/CAM Technology. Digital Dentistry. Implant-Supported Prostheses.

RESUMEN

Este artículo busca analizar críticamente las principales tecnologías CAD/CAM aplicadas a la rehabilitación oral con implantes, con énfasis en la evolución de los sistemas, las aplicaciones clínicas y los materiales utilizados en el flujo de trabajo digital. La investigación se realizó mediante una revisión bibliográfica cualitativa, que abarcó el período 2018-2022, utilizando fuentes brasileñas extraídas de artículos científicos, monografías y artículos técnicos. Los resultados demuestran que la incorporación del CAD/CAM a la práctica odontológica ha promovido avances significativos en la precisión de los procedimientos, la predictibilidad del tratamiento y la calidad estética y funcional de las rehabilitaciones implantosoportadas. Se observó que los sistemas digitales permiten un mayor control sobre la planificación y ejecución de los pasos clínicos, lo que permite la fabricación de estructuras con excelente adaptación marginal, durabilidad y personalización anatómica. La literatura analizada también destaca los importantes beneficios del uso de resinas fresadas y cerámicas avanzadas, como la zirconia y el disilicato de litio, además de la contribución de los escáneres intraorales de alto rendimiento. La reducción del tiempo clínico, la mejora de la comunicación entre la clínica y el laboratorio, y el aumento de la satisfacción del paciente también se identificaron como impactos positivos derivados del uso de CAD/CAM. A pesar de la inversión inicial y la necesidad de capacitación, la tecnología se ha consolidado como una herramienta indispensable para la odontología rehabilitadora moderna, impulsando no solo la innovación, sino también la transformación de los flujos de trabajo clínicos y de laboratorio. Se puede concluir que el uso juicioso y bien planificado de las tecnologías CAD/CAM ofrece importantes beneficios técnicos y humanos, constituyendo una alternativa eficaz y predecible, alineada con las demandas actuales de excelencia en los tratamientos de rehabilitación implantosoportados.

Palabras clave: Rehabilitación Oral. Implantes Dentales. Tecnología CAD/CAM. Odontología Digital. Prótesis Implantosoportadas.

1 INTRODUÇÃO

A reabilitação oral com implantes tem evoluído significativamente nas últimas décadas, impulsionada pelo avanço de tecnologias digitais como o sistema CAD/CAM, cuja aplicação na Odontologia representa um salto qualitativo em precisão, previsibilidade e eficiência, características que vêm transformando os processos clínicos e laboratoriais na confecção de próteses dentárias com foco na funcionalidade, estética e conforto do paciente (Marra, 2022).

O termo CAD/CAM, acrônimo de “Computer-Aided Design” e “Computer-Aided Manufacturing”, refere-se a uma cadeia de produção digital que compreende a captura de dados por meio de escaneamento, o planejamento da reabilitação com softwares específicos e, por fim, a fresagem ou impressão de estruturas protéticas com alto grau de precisão, eliminando várias etapas manuais e, conseqüentemente, reduzindo as possibilidades de erro humano na execução das peças protéticas (Cruz, 2018).

Esse sistema digital possui três pilares essenciais que operam de forma integrada: o scanner intraoral ou extraoral, responsável por capturar a anatomia do arco dentário e da cavidade bucal; o software de planejamento que transforma os dados em modelos tridimensionais manipuláveis; e a unidade de fabricação (CAM), que executa a usinagem ou impressão das restaurações a partir de blocos cerâmicos ou polímeros industriais com precisão micrométrica (Bernardes e Tiossi, 2012).

No contexto da reabilitação oral com implantes, o uso do sistema CAD/CAM se mostra especialmente vantajoso, pois permite a fabricação de infraestruturas e coroas com adaptação marginal superior, estabilidade dimensional e maior resistência mecânica, características que favorecem a longevidade clínica das reabilitações implantossuportadas e aumentam a previsibilidade dos resultados funcionais e estéticos, além de proporcionar uma experiência mais confortável ao paciente (Camargo et al., 2018).

Entre os principais benefícios clínicos observados na aplicação do CAD/CAM destaca-se a capacidade de realizar planejamentos virtuais com precisão cirúrgica, associando escaneamento intraoral, tomografia cone beam e softwares específicos para determinar o posicionamento ideal dos implantes, o que resulta em menor tempo cirúrgico, maior segurança nas intervenções e redução do número de atendimentos presenciais, aspectos que são altamente valorizados tanto pelo profissional quanto pelo paciente (Sartori et al., 2022).

A odontologia digital possibilita também o armazenamento permanente dos dados do paciente em arquivos digitais, facilitando futuras intervenções, acompanhamentos e ajustes, além de permitir maior agilidade na comunicação entre clínicas e laboratórios, o que otimiza o fluxo de trabalho e reduz os prazos de entrega das reabilitações, tornando o tratamento mais eficiente e economicamente viável (Brandão e Fernandes, 2022).

As próteses implantossuportadas fabricadas por CAD/CAM, como as do tipo protocolo, apresentam adaptação passiva superior às produzidas por métodos convencionais, aspecto que contribui diretamente para a durabilidade da estrutura, menor incidência de fraturas e complicações biomecânicas, bem como uma distribuição mais equilibrada das cargas mastigatórias nos implantes e nos tecidos adjacentes (Lajarin, 2018).

Outro fator importante é a biocompatibilidade dos materiais utilizados no sistema CAD/CAM, como o zircônio e as resinas acrílicas industriais, que demonstram excelente desempenho clínico por sua resistência ao desgaste, estabilidade cromática, ausência de toxicidade e facilidade de manipulação, além de propiciarem um acabamento altamente estético e polido, o que aumenta a satisfação do paciente em longo prazo (Mesquita et al., 2022).

Apesar de seus benefícios, o sistema CAD/CAM não está isento de limitações, sendo as principais delas o alto investimento inicial em equipamentos e softwares, a necessidade de formação técnica especializada por parte do profissional e a complexidade de integração dos diferentes dispositivos digitais disponíveis no mercado, o que pode representar uma curva de aprendizado desafiadora nos primeiros anos de adoção da tecnologia (Camargo et al., 2018).

Contudo, à medida que o uso clínico se torna mais comum e a familiaridade com as plataformas digitais aumenta, muitos dos obstáculos iniciais vêm sendo superados, tornando o CAD/CAM uma solução viável e cada vez mais acessível para reabilitações complexas com implantes, especialmente em clínicas que buscam oferecer um diferencial competitivo pautado em inovação, precisão e conforto (Bernardes e Tiossi, 2012).

Diversos estudos clínicos e relatos de caso têm demonstrado resultados promissores com o uso do CAD/CAM em reabilitações totais e parciais, destacando-se pela capacidade de individualizar o tratamento a partir das necessidades anatômicas e estéticas de cada paciente, promovendo um encaixe tridimensional que respeita a oclusão funcional e preserva a integridade dos tecidos peri-implantares (Yasuda, Salomã e Vedovato, 2017).

A integração entre as etapas do fluxo digital, da captação de imagens à entrega da prótese, possibilita um acompanhamento sistemático da qualidade de cada fase do processo, o que reduz falhas, minimiza retrabalhos e eleva os padrões de excelência clínica, especialmente quando comparado aos processos analógicos que dependem intensamente da habilidade do técnico e da comunicação verbal com o dentista (Marra, 2022).

Com a evolução dos softwares e a introdução de inteligência artificial em algumas plataformas de planejamento odontológico, a tendência é que o CAD/CAM se torne cada vez mais intuitivo, automatizado e integrado a bancos de dados clínicos, o que trará ainda mais segurança aos profissionais e padronização nos tratamentos, ampliando a previsibilidade e a personalização das reabilitações implantossuportadas (Sartori et al., 2022).

Em um cenário de constante transformação digital na saúde, torna-se imperativo que os profissionais da Odontologia estejam atualizados quanto às inovações tecnológicas e às suas aplicações clínicas, especialmente quando se trata de soluções que impactam diretamente a efetividade dos tratamentos e a experiência do paciente, como é o caso da reabilitação oral assistida por sistemas CAD/CAM (Camargo et al., 2018).

Diante da crescente relevância dessa tecnologia na prática clínica, este artigo tem como objetivo analisar de forma crítica as principais tecnologias CAD/CAM aplicadas à reabilitação oral com implantes, discutindo suas vantagens, limitações, evolução histórica, materiais utilizados e perspectivas futuras, à luz da literatura científica nacional recente e das contribuições práticas observadas nos relatos clínicos e acadêmicos brasileiros (Cruz, 2018).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS CAD/CAM NA ODONTOLOGIA

A introdução da tecnologia CAD/CAM na Odontologia representou um marco de transformação na forma como as estruturas protéticas passaram a ser planejadas e confeccionadas, sendo inicialmente adaptada de setores como a engenharia aeronáutica e a indústria automobilística, onde já se empregavam sistemas de projeto e manufatura assistidos por computador com altos níveis de precisão e reprodutibilidade, o que permitiu a transferência desses conceitos para a área odontológica ainda na década de 1980, com os primeiros experimentos voltados à confecção de restaurações cerâmicas em laboratório a partir de digitalizações ópticas simples (Cruz, 2018).

Com o tempo, os sistemas CAD/CAM evoluíram para plataformas mais robustas e clínicas, incorporando recursos de escaneamento intraoral, softwares intuitivos de planejamento tridimensional e fresadoras de alta rotação, possibilitando que o cirurgião-dentista realizasse todo o processo dentro do próprio consultório ou de forma híbrida com laboratórios especializados, favorecendo a personalização dos tratamentos e otimizando o tempo clínico, o que contribuiu para maior adesão dos profissionais e expansão da odontologia digital no mercado brasileiro (Marra, 2022).

Inicialmente restritos à confecção de inlays, onlays e coroas unitárias, os sistemas CAD/CAM ampliaram significativamente suas funcionalidades e aplicações, sendo hoje utilizados em próteses sobre implantes, guias cirúrgicos, reabilitações extensas, facetas laminadas e até mesmo próteses totais, graças à melhoria dos algoritmos de design, à maior resolução dos scanners e à compatibilidade com diferentes materiais restauradores, o que amplia a gama de indicações clínicas e permite abordagens mais complexas de forma segura e eficiente (Bernardes e Tiossi, 2012).

O avanço das plataformas digitais trouxe também a integração com softwares de planejamento cirúrgico, como os voltados à implantodontia e ortognática, permitindo que o posicionamento dos implantes seja definido com base em critérios protéticos e anatômicos precisos, o que facilita a

execução de cirurgias guiadas e a confecção de próteses sobre implantes com adaptação passiva e estética personalizada, uma vez que o design virtual pode ser ajustado em tempo real às características funcionais e faciais de cada paciente (Sartori et al., 2022).

A disseminação da tecnologia CAD/CAM também foi favorecida pela ampliação da oferta de sistemas com diferentes níveis de complexidade e investimento, como os sistemas abertos, que permitem maior liberdade de escolha de materiais e laboratórios parceiros, e os sistemas fechados, que oferecem soluções integradas com controle completo do fluxo digital, o que atende tanto clínicas de pequeno porte quanto centros de referência em odontologia restauradora e reabilitadora, proporcionando versatilidade e escalabilidade de aplicação (Camargo et al., 2018).

Na prática clínica, o uso do CAD/CAM transformou a forma como os profissionais interagem com as estruturas anatômicas e planejam seus casos, uma vez que a visualização tridimensional em tela permite identificar áreas de retenção, subescavações, pontos de contato e desgastes com muito mais precisão do que os modelos de gesso tradicionais, além de possibilitar simulações oclusais e estéticas, o que enriquece o diagnóstico e melhora a comunicação entre dentista, paciente e laboratório (Brandão e Fernandes, 2022).

Outro marco importante na evolução dos sistemas CAD/CAM foi o aprimoramento das ferramentas de usinagem e fresagem, com o desenvolvimento de motores mais potentes, brocas mais finas e sistemas de refrigeração que permitem cortes precisos em materiais como zircônia, dissilicato de lítio e resinas de alta densidade, o que aumentou a durabilidade das peças produzidas e reduziu o índice de fraturas ou adaptações inadequadas no momento da cimentação ou instalação da prótese definitiva (Cruz, 2018).

Paralelamente, os scanners intraorais se tornaram mais compactos, rápidos e precisos, eliminando a necessidade de moldagens físicas em muitos casos e aumentando a aceitação por parte dos pacientes, principalmente em situações de reflexo de vômito, limitação de abertura bucal ou ansiedade, sendo que os modelos mais modernos já apresentam calibração automática, escaneamento em cores reais e conectividade direta com softwares de planejamento e fresadoras, integrando todas as etapas do fluxo digital de maneira fluida (Marra, 2022).

O desenvolvimento de bibliotecas digitais cada vez mais completas também permitiu a padronização de formas dentárias, estruturas anatômicas e componentes protéticos, o que facilita o design de restaurações e agiliza o processo de usinagem, permitindo que o cirurgião-dentista escolha o formato e o tamanho ideais a partir de modelos virtuais já testados clinicamente, o que favorece a previsibilidade do resultado final e reduz o tempo de cadeira e o número de ajustes durante a instalação (Camargo et al., 2018).

Apesar de sua sofisticação técnica, a proposta central do CAD/CAM permanece a mesma desde sua origem: substituir as etapas manuais e artesanais por processos digitais mais precisos, rápidos e

confiáveis, contribuindo para tratamentos menos invasivos, mais estéticos e com maior longevidade clínica, especialmente em casos de reabilitação oral com implantes, onde a adaptação marginal, a distribuição de forças e a estabilidade da prótese são fatores determinantes para o sucesso terapêutico (Bernardes e Tiossi, 2012).

No Brasil, a adoção do CAD/CAM ainda enfrenta desafios relacionados ao custo dos equipamentos, à necessidade de capacitação dos profissionais e à resistência cultural em abandonar práticas tradicionais consolidadas, porém o crescimento da demanda por tratamentos personalizados, rápidos e com menor desconforto tem impulsionado a digitalização progressiva dos consultórios odontológicos, principalmente em regiões metropolitanas e clínicas que atuam com reabilitação oral complexa (Cruz, 2018).

Ao longo do tempo, os sistemas CAD/CAM passaram a ser não só uma opção inovadora, mas uma exigência mercadológica, pois os pacientes estão cada vez mais informados sobre as possibilidades tecnológicas e tendem a valorizar profissionais que utilizam recursos digitais em seus atendimentos, o que influencia diretamente na percepção de qualidade, modernidade e confiabilidade dos tratamentos oferecidos, especialmente em um mercado competitivo como o da odontologia estética e implantodontia (Lajarin, 2018).

A compatibilidade entre diferentes marcas e dispositivos também aumentou com a consolidação de protocolos de comunicação digital, como o formato STL, que permite a interoperabilidade entre scanners, softwares e fresadoras de diferentes fabricantes, reduzindo a dependência de sistemas fechados e ampliando a liberdade de escolha do profissional em relação aos materiais e parceiros de laboratório, o que contribui para a democratização da odontologia digital e para a diversificação de suas aplicações clínicas (Brandão e Fernandes, 2022).

A tendência atual é que os sistemas CAD/CAM se integrem com outras tecnologias emergentes, como a impressão 3D, a inteligência artificial e os bancos de dados clínicos em nuvem, criando uma odontologia cada vez mais conectada, personalizada e baseada em evidências, onde os dados do paciente são utilizados para prever riscos, simular tratamentos e construir próteses com base em biomodelos digitais, promovendo uma nova era de reabilitação oral guiada por tecnologia e centrada no paciente (Sartori et al., 2022).

Dessa forma, a evolução dos sistemas CAD/CAM na odontologia não pode ser entendida apenas como um avanço técnico, mas como uma verdadeira mudança de paradigma na forma como os tratamentos são planejados, executados e acompanhados, representando uma transição do modelo artesanal para um modelo digital centrado na precisão, na previsibilidade e na experiência do paciente, que redefine os padrões de qualidade e eficiência na reabilitação oral com implantes.

2.2 APLICAÇÕES CLÍNICAS NA REABILITAÇÃO COM IMPLANTES

As tecnologias CAD/CAM transformaram profundamente as aplicações clínicas na reabilitação oral com implantes, ao permitir a confecção de infraestruturas protéticas com elevada precisão, adaptabilidade e controle de qualidade, o que representa um avanço considerável em relação aos métodos tradicionais baseados em moldagens físicas e ajustes manuais, que frequentemente apresentavam distorções dimensionais e demandavam retrabalhos sucessivos até alcançar um encaixe funcional adequado entre a prótese e os implantes instalados (Cruz, 2018).

No âmbito da implantodontia, o fluxo digital promovido pelos sistemas CAD/CAM é capaz de integrar tomografias do tipo cone beam, escaneamentos intraorais e softwares de planejamento cirúrgico, formando uma cadeia de dados tridimensionais que permite a virtualização do caso clínico desde a fase diagnóstica até a entrega da prótese final, o que se traduz em maior previsibilidade do posicionamento dos implantes, redução do tempo clínico e aumento da segurança operatória (Sartori et al., 2022).

Através da cirurgia guiada, o planejamento protético prévio com auxílio de softwares especializados permite estabelecer a posição ideal dos implantes com base na anatomia óssea e nos parâmetros protéticos planejados, o que viabiliza a instalação de componentes protéticos customizados com melhor distribuição das cargas mastigatórias, reduzindo o risco de sobrecarga nos pilares, perda óssea marginal e falhas biomecânicas em longo prazo (Brandão e Fernandes, 2022).

Casos de reabilitação total sobre implantes, como as próteses do tipo protocolo, têm se beneficiado imensamente das soluções CAD/CAM, que permitem o escaneamento digital das arcadas, o planejamento virtual da barra metálica ou zircônica, e sua usinagem com alta fidelidade ao projeto original, o que proporciona passividade no encaixe, maior conforto ao paciente e menos consultas para ajustes posteriores, especialmente em arcadas edêntulas ou com reabsorção óssea severa (Lajarin, 2018).

Em reabilitações parciais, o uso da tecnologia digital permite a confecção de coroas sobre implantes com anatomia personalizada, respeitando a morfologia dentária adjacente, os espaços interproximais e a relação oclusal funcional, com o diferencial de serem confeccionadas a partir de materiais industriais, como o dissilicato de lítio ou o zircônio monolítico, que oferecem resistência elevada e estética compatível com os dentes naturais, eliminando etapas laboratoriais de cerâmica manual (Marra, 2022).

Os sistemas CAD/CAM também oferecem soluções para reabilitações com múltiplos implantes, onde a precisão no encaixe das infraestruturas é essencial para garantir a estabilidade da prótese e evitar tensões que comprometam a osseointegração ou provoquem fraturas nos componentes, sendo possível criar pontes fixas com design anatômico funcional, ajustadas virtualmente para a

oclusão ideal, antes mesmo de serem fresadas no laboratório ou no próprio consultório, nos sistemas chairside (Bernardes e Tiossi, 2012).

Além das próteses fixas, os sistemas CAD/CAM têm sido utilizados na confecção de overdentures sobre implantes, com a fabricação de bases em resina acrílica de alta densidade processada industrialmente, que demonstram melhor adaptação à mucosa, menor presença de porosidades e resistência superior ao desgaste, proporcionando uma solução mais duradoura e confortável para pacientes que necessitam de reabilitações removíveis com retenção e estabilidade superiores (Mesquita et al., 2022).

A aplicação clínica do fluxo digital não se limita à fabricação de próteses, mas também está presente na criação de guias cirúrgicos personalizados, baseados na sobreposição dos arquivos tomográficos e escaneamentos intraorais, que permitem realizar osteotomias e inserção de implantes com precisão milimétrica, respeitando os limites anatômicos e possibilitando a instalação de próteses provisórias imediatas com estabilidade e função, promovendo uma reabilitação mais rápida e previsível (Sartori et al., 2022).

A rapidez com que o CAD/CAM permite confeccionar as reabilitações também tem impacto clínico direto na experiência do paciente, que pode receber uma prótese provisória ou definitiva em poucas horas, reduzindo o tempo sem função mastigatória e melhorando sua autoestima, já que a estética é imediatamente restabelecida com maior naturalidade, sem necessidade de múltiplas consultas ou longos períodos de espera para adaptação da estrutura (Camargo et al., 2018).

Em relação à oclusão, a aplicação do CAD/CAM na reabilitação com implantes permite realizar ajustes precisos nos contatos oclusais durante o planejamento virtual, com auxílio de softwares que simulam a dinâmica mastigatória e evitam interferências indesejadas, o que reduz a necessidade de ajustes clínicos posteriores e melhora a longevidade da prótese, especialmente em pacientes com disfunções temporomandibulares ou bruxismo, onde a estabilidade oclusal é determinante (Brandão e Fernandes, 2022).

O sistema também permite realizar reabilitações com abordagem minimamente invasiva, uma vez que o escaneamento digital dispensa moldagens com materiais desconfortáveis e reduz o número de procedimentos clínicos, o que é particularmente relevante em pacientes idosos, portadores de deficiência ou com limitações motoras, favorecendo o acesso ao tratamento e ampliando a indicação da reabilitação protética com implantes em populações vulneráveis (Marra, 2022).

Em reabilitações estéticas, o CAD/CAM permite um grau de personalização que antes era impossível com as técnicas manuais, já que os softwares oferecem bibliotecas de dentes naturais e permitem ajustar formato, cor, translucidez e textura superficial em tempo real, com visualizações tridimensionais que auxiliam na aprovação do planejamento pelo paciente, o que aumenta sua adesão ao tratamento e a satisfação com o resultado final (Cruz, 2018).

O uso do CAD/CAM também otimiza a comunicação entre o cirurgião-dentista e o laboratório de prótese, já que os arquivos digitais podem ser enviados instantaneamente via plataforma online, com alta fidelidade e menor risco de perda de informações durante o transporte, o que agiliza o processo de produção, reduz falhas e permite que o técnico visualize com precisão os parâmetros definidos pelo profissional, elevando a qualidade do produto final (Camargo et al., 2018).

Mesmo em situações de reabilitações sobre implantes instalados há anos, o uso do CAD/CAM permite atualizar as estruturas protéticas sem necessidade de moldagens ou cirurgias adicionais, aproveitando o posicionamento já existente e realizando uma nova prótese com base em escaneamentos atuais, o que facilita a manutenção, modernização e reposição de estruturas antigas com menor desconforto para o paciente e maior controle clínico do profissional (Bernardes e Tiossi, 2012).

Portanto, as aplicações clínicas do sistema CAD/CAM na reabilitação com implantes demonstram sua versatilidade, eficiência e contribuição para a excelência dos resultados obtidos, consolidando-se como uma ferramenta indispensável na prática odontológica moderna, com impacto positivo na previsibilidade dos tratamentos, na redução do tempo clínico e na satisfação dos pacientes, reafirmando seu papel como tecnologia estratégica na odontologia restauradora e reabilitadora contemporânea.

2.3 MATERIAIS E SCANNERS UTILIZADOS NO FLUXO DIGITAL

O sucesso clínico das reabilitações protéticas por meio do sistema CAD/CAM está diretamente relacionado à escolha dos materiais restauradores, que precisam aliar resistência mecânica, biocompatibilidade, estabilidade dimensional e estética, sendo que, nos últimos anos, a zircônia e o dissilicato de lítio se consolidaram como os materiais cerâmicos mais utilizados para confecção de coroas, facetas e infraestruturas sobre implantes, graças à sua capacidade de reproduzir com fidelidade a anatomia dental e resistir às tensões mastigatórias de longo prazo (Cruz, 2018).

A zircônia, em especial, destaca-se por apresentar elevadas propriedades mecânicas, sendo indicada tanto para estruturas monolíticas quanto para infraestruturas revestidas com porcelana, demonstrando excelente adaptação marginal, resistência à fratura e compatibilidade com tecidos gengivais, além de permitir espessuras reduzidas sem comprometer a durabilidade, o que favorece sua aplicação em reabilitações implantossuportadas, inclusive nos casos de grande extensão (Marra, 2022).

Já o dissilicato de lítio, por sua vez, oferece uma combinação ideal entre resistência e translucidez, sendo frequentemente utilizado para confecção de coroas unitárias, próteses fixas de pequena extensão e restaurações adesivas, especialmente na região anterior, onde a exigência estética é elevada, apresentando boa resposta à cimentação adesiva e estabilidade cromática ao longo do tempo,

o que o torna um material versátil para reabilitações com resultados altamente naturais (Camargo et al., 2018).

Além dos materiais cerâmicos, o CAD/CAM também permite a utilização de polímeros de alta densidade e resinas acrílicas processadas industrialmente, especialmente indicadas para próteses provisórias ou bases de overdentures, sendo que as resinas acrílicas obtidas por fresagem apresentam menos porosidades, maior resistência ao impacto e melhor adaptação à mucosa do que as resinas manipuladas convencionalmente em laboratório, contribuindo para maior durabilidade e conforto (Mesquita et al., 2022).

No âmbito da fresagem, os blocos cerâmicos utilizados em sistemas CAD/CAM são produzidos industrialmente com alta padronização, o que reduz significativamente as falhas estruturais e aumenta a previsibilidade dos resultados clínicos, além de oferecerem variações em translucidez, opacidade e cor, permitindo personalização de acordo com as necessidades do paciente e compatibilidade com os sistemas de coloração e caracterização extrínseca utilizados no laboratório (Brandão e Fernandes, 2022).

Em relação aos scanners utilizados no fluxo digital, é importante destacar que sua evolução técnica teve papel fundamental para viabilizar o escaneamento intraoral preciso e eficiente, eliminando a necessidade de moldagens físicas com materiais de impressão convencionais, o que representa um ganho importante na experiência do paciente, especialmente em casos de limitação de abertura bucal, reflexo de vômito ou ansiedade em relação a procedimentos invasivos (Marra, 2022).

Entre os principais modelos de scanners disponíveis no mercado, destacam-se equipamentos como o iTero, da Align Technology, o Trios, da 3Shape, o Primescan, da Dentsply Sirona, e o CEREC Omnicam, da mesma marca, cada um com características específicas em termos de velocidade de captura, fidelidade de imagem, sistema de calibração e compatibilidade com softwares e fresadoras, permitindo que o profissional escolha aquele que melhor se adapta à sua rotina clínica (Marra, 2022).

O scanner iTero, por exemplo, é amplamente utilizado em clínicas que realizam ortodontia e implantodontia, por apresentar alta precisão em escaneamentos de arcadas completas e integração com softwares de planejamento cirúrgico e ortodôntico, além de possuir sistema de nuvem que armazena os arquivos de forma segura e permite compartilhamento com laboratórios parceiros em tempo real, o que facilita o fluxo de trabalho e reduz o tempo de produção (Marra, 2022).

O Trios, da 3Shape, é reconhecido por sua leveza, ergonomia e fidelidade de cores reais, além de ser equipado com recursos que permitem escaneamento dinâmico da arcada em movimento, o que auxilia na análise de oclusão e trajetória mandibular, sendo amplamente utilizado em reabilitações estéticas e casos complexos de implantes múltiplos, com integração a diversos softwares de planejamento e plataformas abertas de fresagem (Marra, 2022).

Já o Primescan e o CEREC Omnicam, da Dentsply Sirona, oferecem resolução de imagem extremamente elevada e rapidez de captura em ambientes úmidos, sendo indicados para escaneamentos em áreas de difícil acesso e preparação subgengival, o que amplia a indicação clínica e favorece seu uso em reabilitações com implantes em regiões posteriores, com detalhes anatômicos precisos e menor necessidade de ajustes na cimentação final (Cruz, 2018).

A escolha do scanner ideal deve levar em consideração não só o custo do equipamento, mas também a compatibilidade com o software utilizado na clínica, a curva de aprendizado para o profissional e o suporte técnico oferecido pelo fabricante, pois o bom desempenho do sistema CAD/CAM depende da perfeita integração entre seus três pilares: escaneamento, planejamento e fabricação, sendo que falhas em qualquer uma dessas etapas comprometem o resultado final (Camargo et al., 2018).

Os sistemas CAD/CAM mais recentes também incorporaram funções de inteligência artificial que auxiliam no reconhecimento automático de margens cervicais, identificação de pontos de contato e sugestão de anatomia oclusal, o que torna o planejamento mais rápido e reduz a dependência de habilidades manuais por parte do operador, promovendo padronização dos resultados e facilitando o treinamento de novos profissionais na utilização do fluxo digital (Bernardes e Tiossi, 2012).

No laboratório de prótese, os scanners extraorais ainda são amplamente utilizados, principalmente em sistemas in-lab, onde o modelo de gesso ou o molde escaneado digitalmente serve como base para o planejamento e a usinagem das peças, sendo que os modelos mais modernos oferecem alta resolução e compatibilidade com múltiplas bibliotecas de dentes, o que garante resultados precisos mesmo em casos que exigem retrabalho de estruturas antigas ou adaptação a implantes pré-existentes (Camargo et al., 2018).

A digitalização também permite a criação de arquivos STL que podem ser armazenados, duplicados e utilizados futuramente para reabilitações complementares, manutenção ou substituição de próteses, sem necessidade de repetir todo o processo diagnóstico, o que representa um diferencial estratégico em termos de agilidade e fidelização do paciente, além de contribuir para a sustentabilidade, ao reduzir o consumo de materiais descartáveis e moldagens repetidas (Brandão e Fernandes, 2022).

Portanto, o domínio dos materiais restauradores e dos scanners disponíveis é essencial para que o profissional consiga aproveitar ao máximo os benefícios do fluxo digital em reabilitações com implantes, garantindo não só a qualidade estética e funcional das próteses, mas também a eficiência dos processos clínicos e laboratoriais, consolidando o CAD/CAM como uma tecnologia que alia inovação, precisão e praticidade na odontologia moderna (Cruz, 2018).

3 METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido por meio de uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo, com o objetivo de analisar criticamente as principais tecnologias CAD/CAM aplicadas à reabilitação oral com implantes, considerando as contribuições técnicas, científicas e clínicas disponíveis na literatura nacional recente, o que permitiu identificar padrões de evolução, aplicações práticas, vantagens observadas e limitações técnicas associadas ao uso dessa tecnologia na odontologia restauradora e reabilitadora.

A escolha pela abordagem qualitativa justifica-se pelo interesse em compreender a profundidade das transformações promovidas pelo uso do CAD/CAM na prática clínica odontológica, especialmente no que se refere à reabilitação implantossuportada, uma vez que essa metodologia permite não só reunir dados descritivos, mas também interpretar os significados e os impactos desses avanços na rotina do cirurgião-dentista, no desempenho clínico das próteses e na experiência do paciente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados analisados na revisão bibliográfica indicam que a adoção de tecnologias CAD/CAM na odontologia tem gerado impactos significativos na qualidade, na previsibilidade e na eficiência dos tratamentos restauradores sobre implantes, sendo observada uma melhora expressiva na adaptação marginal das próteses, na resistência dos materiais utilizados e na satisfação dos pacientes, que reconhecem a redução do tempo clínico e o aumento do conforto durante os procedimentos como elementos diferenciais do fluxo digital quando comparado às técnicas convencionais (Mesquita et al., 2022).

Um dos principais resultados apontados pelos autores diz respeito à passividade das estruturas confeccionadas por CAD/CAM, especialmente nas reabilitações múltiplas e nas próteses tipo protocolo, onde a adaptação precisa da infraestrutura é determinante para o sucesso biomecânico do conjunto protético, sendo que as plataformas digitais permitem controle micrométrico da usinagem e eliminam distorções associadas à fundição metálica, promovendo estabilidade oclusal e menor risco de afrouxamento dos parafusos protéticos (Lajarin, 2018).

Outro achado recorrente é o aumento da previsibilidade cirúrgica e protética proporcionado pelo uso combinado de escaneamentos, tomografias e softwares de planejamento, os quais possibilitam visualizar virtualmente a reabilitação final antes mesmo da instalação dos implantes, permitindo posicionamentos mais estratégicos, redução de tempo cirúrgico e maior segurança nas intervenções, sobretudo em pacientes com condições anatômicas limitantes ou necessidades estéticas específicas (Sartori et al., 2022).

A literatura também evidencia que o uso de resinas acrílicas fresadas digitalmente em próteses sobre implantes representa um avanço clínico relevante, pois esses materiais apresentam menor porosidade, maior homogeneidade estrutural e maior resistência ao impacto e ao desgaste do que as resinas manipuladas por técnicas convencionais, o que se reflete em maior durabilidade e menor índice de fraturas, especialmente em próteses removíveis implantossuportadas (Mesquita et al., 2022).

No que se refere aos materiais cerâmicos, autores como Marra (2022) e Camargo et al. (2018) destacam a superioridade da zircônia e do dissilicato de lítio quando utilizados em reabilitações parciais e unitárias, sendo que a zircônia oferece maior resistência para aplicações em região posterior e múltiplos elementos, enquanto o dissilicato se destaca pela translucidez e pela estética em regiões anteriores, sendo ambos compatíveis com os sistemas CAD/CAM disponíveis no mercado e com bons índices de longevidade clínica.

No campo do escaneamento, os autores ressaltam que a introdução de scanners intraorais de alta precisão, como o Primescan, o Trios e o CEREC Omnicam, contribuiu para o aumento da fidelidade na reprodução anatômica das estruturas bucais, além de melhorar a experiência do paciente ao eliminar a necessidade de moldagens convencionais, o que impacta positivamente na adesão ao tratamento e na redução de retrabalhos por distorções dimensionais durante a confecção das próteses (Cruz, 2018).

A integração entre o planejamento cirúrgico e protético, viabilizada pelo fluxo digital, é frequentemente apontada como um dos maiores diferenciais clínicos do CAD/CAM, permitindo alinhar as etapas do tratamento com base em dados reais da anatomia do paciente, o que resulta em reabilitações mais rápidas, com menos etapas intermediárias e maior controle do posicionamento protético, reduzindo a incidência de falhas funcionais e proporcionando maior longevidade às estruturas instaladas (Sartori et al., 2022).

Conforme Bernardes e Tioffi (2012) destacam que, embora o investimento inicial em equipamentos e treinamento represente um obstáculo para muitos profissionais, os benefícios a médio e longo prazo superam os custos, uma vez que o CAD/CAM reduz o tempo de cadeira, os retrabalhos laboratoriais e a necessidade de consultas adicionais para ajustes, além de ampliar a gama de serviços oferecidos e a percepção de modernidade e qualidade pelos pacientes.

Outro aspecto discutido é a curva de aprendizado associada ao domínio das ferramentas digitais, sendo que autores como Camargo et al. (2018) defendem a necessidade de formação continuada e treinamento clínico prático para que os profissionais possam explorar ao máximo os recursos disponíveis e evitar erros operacionais, enquanto autores como Brandão e Fernandes (2022) apontam que os softwares mais recentes têm se tornado cada vez mais intuitivos, com recursos de inteligência artificial que auxiliam no desenho e na adaptação das próteses.

Quanto à comunicação entre clínica e laboratório, os dados demonstram que o envio de arquivos digitais via plataformas online reduz falhas de interpretação e perda de dados, melhora a precisão dos projetos e encurta o tempo entre escaneamento e entrega da prótese, além de permitir revisões e alterações em tempo real, com acompanhamento simultâneo entre técnico e cirurgião-dentista, o que favorece a colaboração multidisciplinar e a qualidade final do trabalho (Camargo et al., 2018).

Os resultados também mostram que a utilização de bibliotecas digitais com anatomias dentárias pré-determinadas permite a personalização das próteses com base em modelos morfologicamente naturais, o que favorece a estética e a funcionalidade das reabilitações, sendo possível ajustar altura, forma, proporções e curvaturas com precisão, além de reproduzir características individuais do paciente como angulação dos dentes e linha do sorriso (Brandão e Fernandes, 2022).

Autores como Cruz (2018) reforçam que o fluxo digital permite armazenar os arquivos clínicos do paciente, como escaneamentos e projetos protéticos, em bancos de dados digitais que podem ser acessados futuramente para revisões, confecção de novas estruturas ou acompanhamento longitudinal dos tratamentos realizados, o que representa um avanço no controle da informação clínica e na gestão do histórico odontológico de forma mais segura e eficiente.

A literatura também aponta que a aplicação clínica do CAD/CAM em reabilitações sobre implantes permite reduzir o número de consultas necessárias, uma vez que o planejamento, a produção e a instalação podem ser realizadas em etapas mais condensadas, o que reduz o custo indireto do tratamento e melhora a adesão do paciente, especialmente em casos que exigem reabilitação rápida por motivos estéticos, funcionais ou profissionais (Sartori et al., 2022).

Em casos de reabilitação total com prótese tipo protocolo, os estudos evidenciam que a precisão do encaixe e a estética alcançada com CAD/CAM superam os resultados das técnicas convencionais, sendo possível obter maior passividade da estrutura, menor risco de soltura dos parafusos, melhor distribuição de carga e adaptação gengival mais precisa, o que eleva os índices de satisfação do paciente e reduz intercorrências clínicas a longo prazo (Lajarin, 2018).

Assim, os dados discutidos nesta revisão demonstram que o uso das tecnologias CAD/CAM nas reabilitações com implantes promove uma série de vantagens técnicas, clínicas e operacionais, tornando-se não só uma ferramenta de inovação, mas uma solução consolidada para a odontologia moderna, com potencial para transformar o fluxo de trabalho, aumentar a previsibilidade dos resultados e proporcionar uma experiência mais satisfatória para os profissionais e para os pacientes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A incorporação das tecnologias CAD/CAM na odontologia reabilitadora representa uma das transformações mais significativas dos últimos anos no campo clínico e laboratorial, conferindo aos

profissionais a possibilidade de realizar planejamentos mais precisos, tratamentos mais rápidos e resultados mais previsíveis, o que impacta positivamente tanto na qualidade técnica das próteses quanto na percepção dos pacientes quanto à excelência dos serviços recebidos.

A análise da literatura demonstrou que o CAD/CAM não se limita à digitalização de processos previamente analógicos, mas promove uma verdadeira reestruturação no modo como os casos clínicos são conduzidos, desde o diagnóstico inicial até a entrega da reabilitação final, oferecendo controle milimétrico, integração entre imagens tomográficas e escaneamentos, além da possibilidade de fabricar estruturas com elevada precisão e estética superior.

Essa revolução tecnológica, contudo, exige uma postura ativa dos profissionais na busca por capacitação constante, domínio de softwares específicos, compreensão das indicações clínicas e conhecimento profundo sobre os materiais utilizados, pois apenas com essa base é possível extrair todo o potencial que o fluxo digital oferece, garantindo resultados que se mantenham estáveis ao longo do tempo e atendam aos critérios estéticos e funcionais mais exigentes.

A viabilidade do uso de sistemas CAD/CAM em reabilitações sobre implantes também está diretamente associada à escolha correta dos materiais restauradores, que devem aliar resistência mecânica, biocompatibilidade e integração com os tecidos orais, e nesse ponto, a evolução dos blocos cerâmicos e das resinas fresadas tem ampliado significativamente o leque de opções disponíveis, permitindo ao profissional atuar com mais segurança em diferentes cenários clínicos.

O investimento necessário para a adoção de sistemas CAD/CAM é compensado pelo ganho em agilidade, padronização e redução de retrabalhos, além de ampliar a capacidade do consultório em atender pacientes que buscam soluções mais modernas e menos invasivas, o que posiciona o profissional como referência em tecnologia e inovação, aumentando sua competitividade no mercado e fortalecendo sua autoridade técnica junto aos pacientes.

A confiabilidade do escaneamento intraoral e a integração com softwares de planejamento têm possibilitado reabilitações complexas com previsibilidade elevada, reduzindo a dependência de moldes físicos e facilitando a comunicação entre clínica e laboratório, o que se traduz em economia de tempo, menos deslocamentos, maior conforto para o paciente e precisão na entrega de estruturas finais que requerem mínimos ajustes em boca.

Cabe destacar a personalização das próteses obtidas digitalmente, pois os sistemas atuais permitem adaptar o projeto anatômico às características individuais do paciente, respeitando curvas de sorriso, linhas médias e proporções dentárias ideais, o que resulta em reabilitações mais naturais, harmônicas e funcionalmente equilibradas, com impacto direto na autoestima, bem-estar e qualidade de vida das pessoas reabilitadas.

Ainda que os avanços tecnológicos sejam significativos, é necessário compreender que o sucesso das reabilitações com implantes por meio do CAD/CAM depende da soma entre conhecimento



técnico, sensibilidade estética e planejamento interdisciplinar, o que demanda do cirurgião-dentista não só domínio da tecnologia, mas também capacidade de avaliar o caso em sua totalidade, respeitando os limites biológicos e as expectativas individuais de cada paciente.

As evidências encontradas na literatura reforçam a consolidação do CAD/CAM como ferramenta indispensável para a odontologia restauradora contemporânea, sendo sua aplicação cada vez mais ampla, desde reabilitações unitárias até casos de arcadas completas, com ganhos que extrapolam o aspecto técnico e alcançam níveis mais elevados de conforto, satisfação e fidelização dos pacientes que vivenciam uma jornada clínica digitalizada, ágil e segura.

Diante de todas as contribuições discutidas, conclui-se que a tecnologia CAD/CAM não é apenas uma tendência, mas uma realidade consolidada na odontologia, especialmente no campo das reabilitações sobre implantes, e seu uso criterioso, fundamentado em evidência científica e bem conduzido por profissionais qualificados, representa um avanço real na busca por excelência, previsibilidade e humanização dos tratamentos odontológicos.



REFERÊNCIAS

- BRANDÃO, D. R. F.; FERNANDES, F. G. Escaneamento Intraoral: benefícios clínicos, desafios e perspectivas. *Revista Científica da Faculdade de Odontologia da Universidade do Brasil*, v. 9, n. 2, p. 25–32, 2022.
- CAMARGO, L. B. et al. Fluxo digital na Odontologia: do planejamento à execução clínica. *Revista BJIHS*, v. 3, n. 10, p. 1–15, 2018.
- CRUZ, E. M. Impressão 3D na Prótese Dentária: impacto do CAD/CAM nas reabilitações. Monografia (Especialização em Prótese Dentária) – Faculdade FACSETE, 2018.
- LAJARIN, M. F. Planejamento reverso em reabilitação oral total com protocolo CAD/CAM: relato de caso. *Revista da ABENO*, v. 18, n. 3, p. 59–68, 2018.
- MARRA, A. F. Avaliação da aplicação do sistema CAD/CAM na Odontologia Restauradora. *Revista de Odontologia da Faculdade ITPAC*, v. 12, n. 1, p. 22–30, 2021.
- MESQUITA, M. F. et al. Sistemas CAD/CAM e sua aplicabilidade em próteses sobre implantes. *Revista da Faculdade de Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto*, v. 27, n. 1, p. 11–19, 2022.
- SARTORI, R. et al. Benefícios do fluxo digital na reabilitação oral sobre implantes: uma revisão integrativa. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, v. 5, n. 1, p. 56–64, 2021.