



Ana Carolina Genovez Lima Setta
Gabriella Neto Corrêa

IMPACTO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS NA ODONTOLOGIA

**Rio de Janeiro
2024**

Ana Carolina Genovez Lima Setta
Gabriella Neto Corrêa

IMPACTO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS NA ODONTOLOGIA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade do Grande
Rio “Professor José de Souza Herdy”,
como parte dos requisitos parciais para
obtenção do grau de bacharel em
Odontologia.

Orientadora: Sandra Albuquerque

Rio de Janeiro
2024

Ana Carolina Genovez Lima Setta
Gabriella Neto Corrêa

IMPACTO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS NA ODONTOLOGIA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade do Grande
Rio "Professor José da Souza Herdy",
como parte dos requisitos parciais para
obtenção do grau de bacharel em
Odontologia.

Aprovado em 27 de março de 2019.

Banca Examinadora

Prof. Sandro Albuquerque
Unidade de Ensino Odontológico
Banco de Dados
CROR 25418

Prof.

Universidade do Grande Rio

Prof.

Universidade do Grande Rio

Prof.

Universidade do Grande Rio

Dedicamos este trabalho, com todo o nosso carinho e gratidão, às nossas famílias, que sempre acreditaram em nosso potencial e nos deram forças nos momentos mais desafiadores, oferecendo palavras de encorajamento e amor incondicional.

Aos amigos, que estiveram ao nosso lado durante noites de estudo, compartilhando sorrisos, conselhos e companheirismo. Vocês transformaram essa caminhada em momentos de aprendizado e amizade, tornando os desafios mais leves e as conquistas ainda mais significativas.

A todos que nos incentivaram, motivaram e acreditaram em nosso sucesso, dedicamos com todo o coração cada página deste trabalho. Obrigada por fazerem parte desta realização.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, fonte de toda sabedoria, força e inspiração, por ter nos guiado durante toda essa jornada. Sem Sua presença em nossas vidas, não teria sido possível superar as dificuldades e chegar até aqui. A Ele, nossa eterna gratidão.

Aos nossos pais, que sempre foram nossa base, nos oferecendo amor, apoio e incentivo incondicional. Agradecemos por cada sacrifício, por nos ensinarem os valores da perseverança e da honestidade, e por acreditarem em nosso potencial, mesmo nos momentos de dúvida. Este trabalho é reflexo de todo o esforço e amor que sempre recebemos de vocês.

Aos nossos professores, que com dedicação e competência, contribuíram imensamente para o nosso crescimento acadêmico e pessoal. Obrigada pelos ensinamentos, pelas orientações e pela paciência, que foram fundamentais para a realização deste trabalho. Suas orientações foram essenciais para que nós pudessemos aprender a nos desenvolver como profissionais.

“Nunca desista de seus sonhos. Eles são sua realidade em uma dimensão mais alta.”

Augusto Cury

RESUMO

Esta revisão explora o impacto das tecnologias digitais na odontologia, destacando o fluxo digital e os sistemas CAD/CAM, que têm revolucionado desde o diagnóstico até a fabricação de próteses. As inovações facilitam diagnósticos mais precisos e tratamentos personalizados, melhorando a qualidade dos cuidados odontológicos. O estudo visa analisar o impacto das tecnologias digitais na odontologia, explorando suas aplicações, benefícios e desafios, que ilustram sua eficácia em procedimentos restauradores e protéticos. uma revisão bibliográfica, utilizando artigos científicos, livros, dissertações e teses publicadas nos últimos 15 (quinze) anos. As bases de dados utilizadas incluíram PubMed, Scielo e Google Scholar. A implementação de tecnologias digitais, como o "paciente virtual" e o CAD/CAM, permite planejamento detalhado e confecção de próteses com alta precisão. A radiologia digital, por exemplo, reduz resíduos tóxicos e melhora a sustentabilidade, enquanto a moldagem digital 3D e os scanners intraorais eliminam etapas manuais, aumentando o conforto do paciente. No entanto, o alto custo e a curva de aprendizado dessas tecnologias ainda são desafios, especialmente em regiões em desenvolvimento. A odontologia digital, especialmente por meio do sistema CAD/CAM, promove eficiência, personalização e alta qualidade nos tratamentos odontológicos. Apesar dos obstáculos financeiros e de infraestrutura, a tendência é que esses sistemas se tornem padrão, dado seu potencial para aprimorar o atendimento clínico e reduzir o tempo de tratamento.

Palavras-Chaves: “Tecnologias digitais”. “CAD/CAM”. “Scanners”. “Odontologia”. “Impacto”.

ABSTRACT

This review explores the impact of digital technologies in dentistry, highlighting the digital workflow and CAD/CAM systems, which have revolutionized processes from diagnosis to prosthesis fabrication. Innovations facilitate more accurate diagnoses and personalized treatments, improving the quality of dental care. The study aims to analyze the impact of digital technologies in dentistry, exploring their applications, benefits, and challenges, demonstrating their effectiveness in restorative and prosthetic procedures. A literature review utilizing scientific articles, books, dissertations, and theses published over the past 15 years. The databases used include PubMed, Scielo, and Google Scholar. The implementation of digital technologies, such as the "virtual patient" and CAD/CAM, enables detailed planning and high-precision prosthesis fabrication. Digital radiology, for example, reduces toxic waste and improves sustainability, while 3D digital impressions and intraoral scanners eliminate manual steps, enhancing patient comfort. However, the high cost and learning curve of these technologies remain challenges, especially in developing regions. Digital dentistry, particularly through the CAD/CAM system, promotes efficiency, customization, and high-quality dental treatments. Despite financial and infrastructure challenges, these systems are likely to become standard due to their potential to enhance clinical care and reduce treatment time.

Keywords: "Digital technologies," "CAD/CAM," "Scanners," "Dentistry," "Impact."

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	121
2.1. Fluxo Digital	121
2.1.2. Sistema de Radiologia Digital.....	12
2.1.3. Evolução Tecnológica dos Sistemas Digitais de Moldagem e Escaneamento	12
2.2. Tecnologias CAD/CAM	14
2.2.1. Etapas do Sistema CAD/CAM.....	15
2.2.2. Digitalização	16
2.2.3. Escaneamento Intraoral	16
2.2.4. Planejamento Virtual.....	17
2.2.5. Sistemas Fechados e Abertos	17
2.2.6. Processos de Produção: Fresagem e Impressão 3D	17
2.2.7. Vantagens e Desvantagens da Tecnologia CAD/CAM	18
2.2.8. Relatos de casos clínicos.....	18
3. DISCUSSÃO	20
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
ANEXO A.....	28

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a odontologia digital tem experimentado avanços tecnológicos significativos que têm transformado profundamente as práticas clínicas e a experiência dos pacientes. A introdução de ferramentas como leitores de tomografia e softwares digitais tem promovido uma verdadeira revolução no planejamento e na execução dos tratamentos odontológicos. Essas inovações não apenas aumentaram a precisão dos procedimentos, como também contribuíram para uma experiência mais confortável e eficiente, reduzindo o desconforto e o tempo necessário para os tratamentos. O futuro da odontologia digital está diretamente vinculado à capacidade dos profissionais de saúde em atualizar e aperfeiçoar continuamente suas habilidades, assegurando que possam acompanhar as evoluções tecnológicas e aplicá-las de forma eficaz na prática clínica¹.

Tecnologias como CAD/CAM (Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing), impressão 3D e digitalização intraoral emergiram como pilares fundamentais na odontologia contemporânea, oferecendo soluções inovadoras que atendem às demandas crescentes dos pacientes por tratamentos mais rápidos e precisos².

O sistema CAD/CAM tem se destacado por sua capacidade de otimizar o planejamento e a execução dos tratamentos protéticos, permitindo a criação de peças dentárias com alta precisão e estética e tem estado cada vez mais presente nos consultórios odontológicos espalhados pelo mundo. Por sua vez, os avanços na tecnologia de imagem tridimensional (3D) e scanners digitais permitiram uma melhor visualização das estruturas anatômicas e maior precisão e exatidão para a colocação do implante³.

Assim como os scanners intraorais, que substituem as moldagens tradicionais trouxe uma nova dimensão à experiência do paciente, oferecendo maior conforto e agilidade, também existem articuladores digitais, que por sua vez permitem a correção cinemática de próteses dentárias estaticamente projetadas e restaurações dentárias usando sistemas CAD/ CAM⁴.

Desta maneira a metodologia aplicada a presente revisão de literatura incluirá a busca e análise de artigos científicos nas bases de dados PubMed,

Scielo e Google Acadêmico, utilizando os descritores “Odontologia”, “tecnologias digitais”, “CAD/CAM”, “scanners intraorais” e “fluxo digital”. Serão selecionados estudos dos últimos 15 anos, em inglês, português e espanhol, que abordem o impacto das tecnologias digitais nas práticas clínicas e na experiência do paciente. A seleção dos artigos ocorrerá em três etapas: leitura de títulos, análise de resumos e leitura completa, categorizando os dados de acordo com as tecnologias empregadas, metodologias e resultados clínicos.

A metodologia de pesquisa da presente pesquisa será baseada em uma revisão bibliográfica, utilizando artigos científicos, livros, dissertações e teses publicadas nos últimos 15 (quinze) anos. As bases de dados utilizadas incluirão PubMed, Scielo e Google Scholar. O estudo irá focar nas aplicações das tecnologias digitais, como CAD/CAM, impressão 3D e scanners intraorais, analisando seus impactos na precisão dessas tecnologias nos tratamentos, na redução do tempo de trabalho clínico e na melhoria da experiência do paciente. A análise dos dados será qualitativa.

O objetivo desta monografia é analisar o impacto das tecnologias digitais na odontologia, explorando suas aplicações, benefícios e desafios. Especificamente, busca-se examinar as principais tecnologias digitais atualmente utilizadas, destacando suas funções e contribuições para a prática clínica, além de avaliar os benefícios dessas inovações em termos de precisão diagnóstica, eficiência no planejamento e execução dos tratamentos, e melhoria da experiência dos pacientes. A pesquisa também visa identificar os desafios enfrentados pelos profissionais, como barreiras financeiras e a necessidade de treinamento especializado, e propor estratégias para superação desses obstáculos, com o intuito de maximizar os benefícios das tecnologias digitais e aprimorar a qualidade dos cuidados odontológicos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Fluxo Digital

A integração de tecnologias digitais na saúde, particularmente na odontologia, trouxe avanços significativos para diagnósticos e tratamentos, oferecendo maior precisão e previsibilidade. O conceito de "paciente virtual", gerado por softwares especializados a partir de exames complementares, permite que todos os procedimentos sejam simulados antes da aplicação no paciente real. O fluxo de trabalho digital envolve etapas como a aquisição de imagens, processamento de dados e produção de dispositivos clínicos, facilitando o planejamento odontológico e a confecção de próteses. Modelos virtuais também permitem ajustes, diagnósticos e são fundamentais para alcançar sucesso clínico em odontologia restauradora⁵.

A tecnologia tem desempenhado um papel essencial na educação e promoção da saúde bucal, com o desenvolvimento de aplicativos e dispositivos que incentivam práticas de higiene oral, como lembretes para escovação e tutoriais interativos. A odontologia digital e as ferramentas de visualização tridimensional melhoraram a comunicação entre dentistas e pacientes, possibilitando pré-visualizações de tratamentos e diagnósticos mais detalhados. Na ortodontia e cirurgia, tecnologias como alinhadores transparentes e guias cirúrgicos impressos em 3D têm permitido diagnósticos mais precisos e tratamentos personalizados, promovendo eficiência e conforto para os pacientes⁶.

O fluxo digital na odontologia otimiza a prática clínica ao introduzir novas etapas, como a captura de imagens digitais, processamento de dados e confecção de modelos, garantindo maior confiabilidade estética e funcional nos tratamentos. O uso correto de softwares especializados permite ajustes precisos e a impressão de próteses, resultando em procedimentos mais eficientes e personalizados para os pacientes⁷.

As tecnologias disponíveis na odontologia otimizam o tempo de tratamento e auxiliam no diagnóstico com menor risco, beneficiando tanto pacientes quanto cirurgiões-dentistas. O tratamento pode ser planejado em etapas ou de forma completa, dependendo dos recursos financeiros e da conduta clínica, permitindo uma abordagem personalizada e eficiente para cada caso⁷.

2.1.2. Sistema de Radiologia Digital

O sistema de Radiologia digital apresenta vantagens em relação ao convencional, eliminando resíduos devido à dispensa do processamento químico e do descarte do invólucro do filme. Essa vantagem foi mensurada ao comparar o peso dos resíduos gerados pelos dois sistemas. No sistema convencional, 2554 radiografias intrabuciais geraram 5.207,606g de resíduos, enquanto o sistema digital produziu apenas 150,686g de material reciclável⁸.

Apesar das vantagens da radiologia digital, como a eliminação de resíduos tóxicos e a redução de impacto ambiental, muitos serviços ainda utilizam o sistema convencional devido ao alto custo de implementação dos equipamentos digitais. A OMS recomenda o uso de tecnologias digitais para melhorar a saúde, e países como a Itália já adotaram planos estratégicos para promover a saúde digital, visando reduzir desperdícios e melhorar a eficiência dos serviços. No Brasil, a substituição tem ocorrido de forma gradual, com desafios relacionados ao custo, especialmente em serviços de radiodiagnóstico⁹.

2.1.3. Evolução Tecnológica dos Sistemas Digitais de Moldagem e Escaneamento

A evolução dos sistemas digitais de moldagem e escaneamento na odontologia começaram na década de 1980 e tem progredido significativamente, especialmente com o uso de técnicas tridimensionais (3D).

A moldagem digital 3D elimina muitas etapas tradicionais, como a seleção de moldeiras, o uso de materiais elásticos e a confecção de modelos de gesso. Com o advento dos scanners 3D e dos sistemas CAD/CAM, tornou-se possível criar restaurações diretamente a partir de dados digitais precisos, sem a necessidade de moldes físicos. Isso resulta em maior conforto para o paciente, rapidez no processo e a possibilidade de armazenamento digital dos dados, evitando os problemas comuns com modelos de gesso, como quebras ou desgaste¹⁰.

Ainda segundo Polido¹⁰ (2010) na ortodontia, os sistemas digitais já são amplamente utilizados, oferecendo maior precisão no diagnóstico e planejamento do tratamento. Além disso, os sistemas de moldagem digital 3D permitem criar modelos estereolíticos diretamente a partir de dados digitais, melhorando a precisão das restaurações e aumentando a eficiência no laboratório. Com as novas tecnologias, a odontologia restauradora tem se beneficiado de restaurações de alta resistência e estética aprimorada, consolidando a moldagem digital 3D como o futuro da odontologia, especialmente na Europa e EUA, onde a adoção dessas tecnologias cresce rapidamente.

Na cirurgia, a evolução das tecnologias digitais foi igualmente notável, com o planejamento cirúrgico virtual sendo uma realidade há cerca de 15 anos. Atualmente, é possível criar partes personalizadas dos ossos faciais usando impressoras 3D, feitas de materiais aloplásticos e metais, além de desenvolver guias cirúrgicos precisos para posicionamento de implantes dentários sem incisões, minimizando os riscos de lesões. Esses avanços reduziram o desconforto dos pacientes e aumentaram a previsibilidade dos tratamentos, proporcionando mais eficiência e melhor qualidade de vida tanto para os profissionais quanto para os pacientes¹¹.

A evolução dos procedimentos de reabilitação oral tem sido marcada por grandes avanços tecnológicos e o desenvolvimento de novos materiais, especialmente com o uso de sistemas CAD/CAM, que trouxeram maior rapidez e precisão na confecção de próteses. No entanto, há limitações quanto aos materiais disponíveis nesses sistemas, o que pode afetar a adaptação marginal e a estética das restaurações, especialmente no caso de coroas cerâmicas, onde desadaptações verticais foram observadas em alguns

estudos. A precisão das técnicas de impressão digitais também é uma preocupação, com possíveis erros na captura de dados que podem comprometer a funcionalidade das próteses. Além disso, a limitação de materiais disponíveis impacta a resistência, estética e biocompatibilidade das próteses, restringindo as opções de escolha do profissional¹².

2.2. Tecnologias CAD/CAM

A tecnologia CAD/CAM foi introduzida na odontologia no final dos anos 1970 e início dos anos 1980 por pioneiros como Bruce Altschuler, François Duret, Werner Mormann e Marco Brandestini, com o objetivo de automatizar e padronizar processos manuais. Na odontologia, é amplamente utilizada para a confecção de próteses fixas, como inlays, onlays, coroas, próteses sobre implantes e facetas. Esse sistema é composto por três elementos principais: escâner para leitura da preparação dentária, software CAD para desenho da restauração e sistema CAM para fresagem da estrutura¹³.

O processo CAD/CAM envolve três etapas principais: aquisição de imagens, desenho ou projeto, e fabricação, proporcionando novas oportunidades para um cuidado odontológico de excelência, apesar dos desafios de custo em regiões em desenvolvimento¹⁴.

A captura de imagens pode ser feita por meio de scanners intraorais ou extraorais, com o software CAD processando digitalmente os dados para definir os contatos de preparo dentário e a oclusão da peça a ser fabricada. Na fase de fabricação, as imagens projetadas são materializadas por fresadoras ou impressoras 3D, utilizando materiais restauradores como cerâmica e resinas¹⁵.

O sistema CAD/CAM não apenas melhora a qualidade do atendimento odontológico e oferece maior comodidade aos pacientes, mas também reduz o número de consultas e os custos clínicos. Embora o alto custo dos equipamentos continue sendo um obstáculo, parcerias entre laboratórios e clínicas podem mitigar essa limitação. Com a possibilidade de enviar arquivos digitais pela Internet para laboratórios em qualquer parte do mundo, espera-se que a tecnologia CAD/CAM seja amplamente adotada em todas as

especialidades da medicina dentária, impulsionada por seus avanços tecnológicos¹⁶.

A literatura revela que o trabalho laboratorial em odontologia se tornou mais automatizado em comparação ao passado, a fabricação de próteses dentárias pode ser descrita como uma forma de arte, com o dentista sendo responsável pela estética desde a fabricação até a manutenção da qualidade ao longo do tempo¹⁷. O desenvolvimento de softwares e hardwares para o desenho assistido por computador (CAD) possibilitou que uma parte significativa da população se adaptasse ao uso de tecnologia virtual, lidando com arquivos computacionais em vez de objetos físicos¹⁸.

Quadro 01- Gama de sistemas dentro da Tecnologia CAD/CAM

Sistema CAD/CAM	Ano de Introdução	Funções Principais	Características
Cerec	1985	Inlays, onlays, coroas, próteses sobre implantes, próteses fixas parciais.	Primeiro sistema CAD/CAM com sucesso clínico e comercial. Possui duas versões: Cerec Chairside (uso clínico) e versão de laboratório . Capacidade de escanear arcos superiores e inferiores.
Procera	Anos 1990	Modelos de próteses compensando contração da cerâmica.	Sistema hoje em desuso. A digitalização era feita por contato com um escâner, e o modelo era processado em centrais na Suécia e EUA.
Kavo Everest	Anos 2000	Digitalização de modelos de gesso, fresagem e sinterização de cerâmica.	Utiliza câmera CCD para criar imagens 3D, com precisão de 20 µm. Fresagem de cinco eixos em diversos materiais, como zircônia parcialmente ou totalmente sinterizada.
Lava	2002	Estruturas de zircônia para restaurações cerâmicas.	Utiliza blocos de zircônia estabilizada com ítrio, proporcionando maior resistência à fratura. Digitalização óptica a laser e fresamento de blocos de zircônia parcialmente sinterizados.

Fonte: Adaptado de (Borges¹³, 2020).

2.2.1. Etapas do Sistema CAD/CAM

Os sistemas CAD/CAM produzem as restaurações através de três etapas: Digitalização; Planejamento virtual; e Produção da peça propriamente

dita uma máquina automática, que seguindo as informações do software, produz a peça a partir dos blocos do material desejado^{19, 20}.

2.2.2. Digitalização

Na etapa de Digitalização, as informações físicas do preparo são transmitidas para um computador para que seja criado um modelo virtual. Esse processo é realizado através do escaneamento, onde o preparo, molde, modelo de gesso, ou até mesmo toda a arcada dentária, são convertidos da forma física para a forma digital a partir de imagens geradas por luz ou contato. Existem duas maneiras de realizar a digitalização, uma delas é através de um scanner ótico intraoral e a outra é através de scanner extraoral^{15, 21}.

2.2.3. Escaneamento Intraoral

Na digitalização com scanner intraoral, os feixes de luz ou raio laser refletem sobre as estruturas dentais e são captados por um sensor, produzindo várias imagens. Esse método intraoral dispensa etapas de moldagem e confecção de modelo de gesso, reduzindo o tempo clínico necessário. Esse sistema possui evidentes vantagens relacionadas com a sua praticidade, entretanto, é uma técnica extremamente crítica, apresentando limitações como, por exemplo, preparos com margens subgengivais^{21, 22}.

O escaneamento intraoral consiste na captura de modelos virtuais tridimensionais das arcadas dentárias por meio de dispositivos equipados com microcâmaras. Após a captura, os dados são processados por um software específico que gera um modelo virtual no formato STL, que pode ser facilmente compartilhado com laboratórios por e-mail ou através de plataformas digitais para a impressão e fabricação de próteses. Embora muitas clínicas de odontologia ainda não possuam scanners ou impressoras digitais, laboratórios estão se adaptando ao converter moldes físicos em formatos digitais, oferecendo resultados mais eficientes e precisos²³.

2.2.4. Planejamento Virtual

O planejamento virtual da peça, também chamado de fase CAD ou encerramento virtual, envolve a utilização de softwares especializados para planejar restaurações e infraestruturas com base nas imagens obtidas pelo escaneamento. Nessa etapa, as margens são definidas, a oclusão e os pontos de contato são ajustados, e a espessura adequada para o material restaurador é estabelecida, assim como o espaço para o agente cimentante^{21, 24}.

2.2.5. Sistemas Fechados e Abertos

Ainda de acordo com Bernardes²¹, o modelo virtual e o planejamento podem ser enviados digitalmente para outros locais, como laboratórios e centros de produção, permitindo maior flexibilidade na usinagem das peças. Alguns sistemas são fechados, aceitando apenas o envio e recebimento de dados entre softwares do mesmo fabricante, enquanto os sistemas abertos utilizam formatos compatíveis com diferentes softwares e máquinas de usinagem. A principal vantagem dos sistemas abertos é a liberdade de escolha do sistema CAM mais adequado para cada caso.

2.2.6. Processos de Produção: Fresagem e Impressão 3D

A obtenção de peças protéticas por meio da tecnologia CAD/CAM pode ocorrer por dois tipos de processamento: subtrativo (fresagem) e aditivo (impressão 3D). A fresagem é a última fase do sistema CAD/CAM, que corresponde à confecção propriamente dita das peças protéticas e pode ser realizada de três maneiras: produção chairside, laboratorial e outsourcing. Na produção chairside, as restaurações são confeccionadas no consultório e cimentadas em uma única sessão, com indicações para inlays, onlays, overlays, coroas (sem copings) e facetas^{24, 25, 26}.

Na produção outsourcing, os trabalhos são enviados para centros de produção afiliados a empresas fornecedoras de sistemas CAD/CAM. Esses centros possuem equipamentos tecnologicamente avançados, permitindo a produção de diversas estruturas, sendo uma opção para dentistas e laboratórios que optam por não adquirir seus próprios sistemas²⁴.

2.2.7. Vantagens e Desvantagens da Tecnologia CAD/CAM

Abaixo apresentamos as principais vantagens e desvantagens do uso da tecnologia CAD/CAM, refletindo os benefícios em termos de eficiência e precisão, mas também os desafios relacionados ao custo e à complexidade tecnológica.

Quadro 02- Vantagens e Desvantagens da Tecnologia CAD/CAM

Vantagens	Desvantagens
Precisão elevada: Permite criar restaurações com alto nível de precisão diretamente a partir de escaneamentos digitais.	Custo elevado: Equipamentos e software CAD/CAM exigem investimentos significativos, tornando sua aquisição difícil para alguns consultórios.
Rapidez no processo: Reduz o tempo de confecção de próteses e restaurações, eliminando várias etapas manuais.	Curva de aprendizado: Exige treinamento especializado para utilização correta do sistema, o que pode demandar tempo e recursos.
Conforto ao paciente: Dispensa o uso de materiais de moldagem tradicionais, como elastômeros, proporcionando uma experiência mais confortável.	Manutenção e atualizações: Sistemas digitais exigem manutenção frequente e atualizações de software, o que pode gerar custos recorrentes.
Armazenamento digital: Facilita o armazenamento e a organização dos dados em formato digital, sem necessidade de espaço físico para modelos de gesso.	Dependência tecnológica: O funcionamento depende de computadores, scanners e software específicos, o que pode limitar a produção em casos de falha técnica.
Redução de erros: Diminui a margem de erro humano na moldagem e confecção das próteses, melhorando a qualidade final do trabalho.	Necessidade de infraestrutura: Requer uma infraestrutura tecnológica avançada, incluindo espaço para os equipamentos e conexão de internet estável.

Elaborado pelas Autoras (2024).

2.2.8. Relatos de casos clínicos

Hostert *et al.*,²⁷ em seu estudo trataram um paciente do sexo masculino, 32 anos, que buscou tratamento para fechar diastemas entre os dentes 11, 12, 13, 21, 22 e 23 com facetas de porcelana. Após a confecção de um modelo de gesso e enceramento para determinar a estética desejada, o modelo foi escaneado, assim como os dentes preparados, utilizando o Scanner Ominicam. Com o software inlab 4.2, o projeto aprovado foi fresado em blocos de cerâmica Empress CAD e colado com cimento Variolink II, resultando em um excelente resultado estético. O uso do sistema CAD/CAM acelerou o processo, evidenciando a importância do conhecimento do dentista nessa tecnologia.

Bezerra *et al.*,²⁸ relataram um caso clínico, de uma paciente do sexo feminino de 43 anos com fratura no dente 35. Após a avaliação clínica e radiográfica, foi diagnosticada pulpíte irreversível, levando à necessidade de tratamento endodôntico. O tratamento envolveu a instrumentação mecanizada do canal com motor endodôntico e irrigação do sistema de canais. Após a obturação com cimento endodôntico e cones de gutapercha, foi realizada a restauração definitiva. A tecnologia CAD/CAM foi utilizada para criar uma restauração personalizada. O sistema digitalizou o dente e, por meio de um software, possibilitou a fabricação precisa de uma restauração anatômica, feita com resina composta, devolvendo a estética e função do dente.

Em sua pesquisa Neto *et al.*,²⁹ realizaram o tratamento em um paciente do gênero masculino, de 42 anos e com melanoderma, que procurou tratamento devido a queixas estéticas e dificuldades na mastigação. A avaliação revelou ausência total de dentes na maxila e ausências parciais na mandíbula, com remanescente ósseo alveolar satisfatório. O plano de tratamento consistiu na reabilitação oral por meio de uma prótese implanto-suportada. A tecnologia 3D foi utilizada em várias etapas do tratamento. Um exame tomográfico foi realizado para o planejamento cirúrgico, permitindo a criação de um guia cirúrgico virtual. O registro da maxila foi obtido com um guia radiográfico e uma muralha de silicone pesada foi confeccionada para registrar a oclusão. As imagens 3D adquiridas foram processadas no software Dentslice, possibilitando o planejamento virtual da instalação de quatro implantes. Recuperando assim a estética e a função mastigatória do paciente.

3. DISCUSSÃO

Ao abordar as diversas perspectivas dos autores sobre o papel das tecnologias digitais na odontologia, observa-se uma convergência de contribuições que enfatizam os avanços, as aplicações e os desafios desses sistemas no campo odontológico.

Azevedo⁵ ressalta a precisão e previsibilidade introduzidas pelo conceito de "paciente virtual" e pelo fluxo digital, que não apenas facilita o planejamento e a confecção de próteses, mas também permite a simulação de procedimentos antes de sua aplicação no paciente, otimizando tanto o diagnóstico quanto o sucesso clínico em odontologia restauradora. Essa abordagem inovadora é vista como uma grande evolução, pois aprimora a segurança e a confiança do paciente ao proporcionar uma experiência mais personalizada e previsível.

Em contraste, Junior⁶ sublinha o impacto das tecnologias digitais na comunicação entre profissionais e pacientes, além de destacar suas aplicações práticas, como o uso de alinhadores transparentes na ortodontia e de guias cirúrgicos em 3D, que promovem tratamentos altamente personalizados e com maior nível de conforto. Esse foco no paciente evidencia como as tecnologias digitais ampliam o leque de possibilidades clínicas, elevando a qualidade dos cuidados odontológicos.

Gauch⁷ contribui ao reforçar a confiabilidade estética e funcional obtida pelo fluxo digital, realçando ainda a eficiência e a personalização dos procedimentos. Ele destaca o impacto desse avanço na prática clínica, principalmente pela otimização dos tratamentos, além de sua flexibilidade em se adaptar às necessidades clínicas e financeiras dos pacientes, o que é essencial em um cenário de recursos variados.

O sistema de radiologia digital, conforme discutido por Amaral⁸, representa outro avanço ao reduzir a produção de resíduos em comparação com o sistema convencional, eliminando o uso de processos químicos e contribuindo para práticas mais sustentáveis. Cristofaro⁹, no entanto, observa que o alto custo de implementação ainda é uma barreira significativa, especialmente no Brasil, onde a substituição gradual enfrenta desafios econômicos. A Organização Mundial da Saúde (OMS) incentiva a implementação dessas tecnologias, especialmente em países desenvolvidos

como a Itália, onde planos estratégicos para a saúde digital já estão em vigor, oferecendo um exemplo a ser seguido.

Com relação à evolução dos sistemas de moldagem e escaneamento digitais, Polido¹⁰ enfatiza os benefícios da moldagem digital 3D para a precisão e o conforto do paciente, um recurso que é amplamente utilizado na odontologia restauradora. Ele aponta ainda o crescimento dessa tecnologia nos Estados Unidos e na Europa, regiões onde a moldagem digital se consolidou rapidamente. A perspectiva de Santana¹² complementa essa análise ao abordar as limitações de materiais disponíveis no sistema CAD/CAM, observando que a escassez de opções pode afetar diretamente a adaptação marginal e a estética das restaurações, com implicações importantes nos resultados clínicos.

Por sua vez Canullo¹¹ que a cirurgia tem se beneficiado significativamente dos avanços das tecnologias digitais, especialmente com o planejamento virtual. Hoje, é possível fabricar partes personalizadas dos ossos faciais por meio de impressoras 3D. Progressos diminuem o desconforto dos pacientes, aumentam a previsibilidade dos procedimentos e trazem mais eficiência e qualidade de vida para pacientes e profissionais.

Os sistemas CAD/CAM, explorados em detalhes por Borges¹³, avançaram significativamente no campo da prótese dentária. Ele detalha cada etapa e função dessa tecnologia na confecção de próteses, destacando sua capacidade de automatizar processos e aumentar a precisão dos tratamentos. Suganna¹⁴ e Coachman¹⁵ reforçam que, embora o CAD/CAM ofereça alta precisão, ele ainda enfrenta desafios, especialmente em regiões menos desenvolvidas, devido ao elevado custo dos equipamentos. Filgueiras¹⁶ sugere que parcerias entre clínicas e laboratórios poderiam mitigar essas barreiras econômicas, possibilitando maior acessibilidade.

Mendes¹⁷ e McLaren¹⁸ observam que o CAD/CAM revolucionou o trabalho laboratorial, transformando-o de uma prática predominantemente artesanal em um processo amplamente automatizado. No entanto, o papel do dentista permanece essencial para garantir que a estética e a qualidade das peças produzidas atendam aos padrões esperados.

Tanto Das Neves¹⁹ e De Moura²⁰ entram em concordância quanto ao fato de que os sistemas CAD/CAM realizam a confecção das restaurações em três fases: digitalização, planejamento virtual e produção.

Bernardes²¹ e Abduo²² entram em consenso quanto ao fato de que o escaneamento intraoral captura modelos 3D das arcadas dentárias com luz ou laser, eliminando a necessidade de moldagem em gesso e reduzindo o tempo clínico. Esse método é prático, porém sensível a detalhes como margens subgengivais. Stanley²³ completa afirmando que após a captura, os dados são processados e convertidos em um modelo STL, que pode ser facilmente compartilhado com laboratórios para a produção de próteses. Apesar de ainda não está amplamente disponível em consultórios, muitos laboratórios já digitalizam moldes físicos, garantindo maior precisão e eficiência.

Bernardes²¹ discute as diferenças entre sistemas CAD/CAM fechados e abertos, salientando que a flexibilidade dos sistemas abertos permite o uso de uma variedade de equipamentos para a produção de próteses, o que aumenta as opções para os profissionais. Hilgert^{24, 25} e Alghazzawi²⁶ analisam os processos de fresagem e impressão 3D, explorando as vantagens e limitações desses métodos em termos de custo e viabilidade clínica.

Os estudos de Hostert et al.²⁷, Bezerra et al.²⁸ e Neto²⁹ exemplificam a aplicabilidade prática do CAD/CAM em casos clínicos, ilustrando como essa tecnologia digital acelerou o processo de confecção de próteses e restaurou, de forma eficaz, a funcionalidade e a estética dental. Em ambos os casos, os autores ressaltam a importância do conhecimento técnico do profissional para maximizar os benefícios e as possibilidades que essas inovações proporcionam.

Essa análise integrada revela que, embora as tecnologias digitais tenham trazido avanços consideráveis em termos de precisão, conforto e eficiência nos tratamentos odontológicos, persistem desafios significativos. Dentre esses, destaca-se o custo de implementação, bem como as limitações nos materiais disponíveis, que exigem adaptações tanto na prática clínica quanto no desenvolvimento de estratégias econômicas para possibilitar uma adoção mais ampla e acessível.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa evidência que, de maneira geral há na literatura, um consenso sobre o impacto positivo das tecnologias digitais na odontologia, com ganhos expressivos em precisão, eficiência e experiência do paciente. No entanto, o custo elevado das tecnologias, a necessidade de capacitação profissional contínua e as limitações de materiais disponíveis nos sistemas CAD/CAM representam desafios práticos que limitam a adoção universal dessas inovações. A discussão entre sistemas abertos e fechados reflete ainda a necessidade de personalização do atendimento odontológico digital, em função das demandas e capacidades de cada clínica.

A adoção efetiva da odontologia digital exige um equilíbrio entre inovação tecnológica e acessibilidade, para que tanto profissionais quanto pacientes possam maximizar os benefícios dessas novas ferramentas. A implementação bem-sucedida depende não apenas dos avanços tecnológicos, mas também de políticas de incentivo e programas de capacitação que possam tornar a odontologia digital acessível a uma população mais ampla.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lopes DM, Farias AR, Miranda GC, Costa RM. Avanços tecnológicos na odontologia digital: impacto nas práticas clínicas e na experiência do paciente. Rev FT. 2023;27(129). Disponível em: <https://revistaft.com.br/avancos-tecnologicos-na-odontologia-digital-impacto-nas-praticas-clinicas-e-na-experiencia-do-paciente/>. Acesso em: 29 ago. 2024.
2. Hassan B, Greven M, Wismeijer D. Integrating 3D facial scanning in a digital workflow to CAD/CAM design and fabricate complete dentures for immediate total mouth rehabilitation. J Adv Prosthodont. 2017;9(5):381-6.
3. Das Neves FD, Pimentel HC, Lopes AC, Rezende SP, Montenegro FL. Próteses unitárias implantossuportadas utilizando moldagem e registro simultâneos com CAD/CAM CEREC. Rev Prothes Lab Sci. 2014;3(12).
4. Lee JD, Choi KH, Lee JH, Park CG. Integrated digital and conventional treatment workflow in guided complete mouth implant rehabilitation: a clinical case report. Dent J. 2019;7(4):100.
5. Azevedo JF, Catharino F, Zerbinat LP. O Fluxo Digital na Odontologia Contemporânea. J Dent Public Health. 2018;9(4):252-3.
6. Junior WK. O impacto da tecnologia na promoção de saúde bucal. Even3 Publicações; 2023.
7. Gauch GL, Lima MA, de Oliveira AR. Odontologia digital: uma opção para planejamento das reabilitações orais. Repos Inst. 2024;2(2).
8. Amaral DC, Machado M, Braga LP, Souza RS. Impacto ambiental sustentável com a implantação do protocolo do fluxo digital na redução dos resíduos na Clínica Odontológica. Rev Odontol Bras Cent. 2020;29(88).
9. Cristofaro M, Sorrentino A, Di Lauro AE, La Mura N. Patient access to an online portal for outpatient radiological images and reports: two years' experience. J Digit Imaging. 2020;33:1479-86.
10. Polido WD. Moldagens digitais e manuseio de modelos digitais: o futuro da Odontologia. Dental Press J Orthod. 2010;15:18-22.

11. Canullo L, Di Domenico A, Marinotti F, Menini M, Pesce P. Soft Tissue Contour Impression with Analogic or Digital Work Flow: A Case Report. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(12):2623.
12. Santana AUS, Coelho MA, Souza ME, Carvalho JB. O uso da tecnologia na reabilitação oral, destacando suas vantagens e desvantagens: revisão da literatura. *Braz J Surg Clin Res*. 2024;47(1).
13. Borges L, Lima EM, Carvalho A. O uso do sistema CAD/CAM para confecção de próteses fixas: aplicações e limitações. *J Dent Public Health*. 2020;11(2):159-66.
14. Suganna M, Natarajan S, Krishnaswamy K, Deshmukh SV. Contemporary evidence of CAD-CAM in dentistry: A systematic review. *Cureus*. 2022;14(11).
15. Coachman C, Paravina RD, Nadalin M, Duart RG, Yamaguchi H, Lackey M. Facially generated and cephalometric guided 3D digital design for complete mouth implant rehabilitation: a clinical report. *J Prosthet Dent*. 2017;117(5):577-86.
16. Filgueiras A, Paiva AR, Macedo CN, Ramos VL. Aplicabilidade clínica dos avanços da tecnologia CAD-CAM em Odontologia. *HU Rev*. 2018;29-34.
17. Mendes EP, Amorim LS, Lessa AG. Workflow digital na implantodontia, do planejamento cirúrgico à reabilitação protética: Revisão de Literatura. *ID On Line Rev Psic*. 2019;13(47):1145-60.
18. McLaren EA, Giordano RA. Zirconia-Based Ceramics: Material Properties, Esthetics, and Layering Techniques of a New Veneering Porcelain, VM9. *Quintessence Dent Technol (QDT)*. 2005;28.
19. Das Neves FD, Santos RS, Avelar MG, Lopes AC. Próteses unitárias implantossuportadas utilizando moldagem e registro simultâneos com CAD/CAM CEREC. 2014.
20. De Moura RBB, Santos TC. Sistemas cerâmicos metal free: tecnologia CAD/CAM - revisão de literatura. *Rev Interdiscip*. 2015;8(1):220-6.
21. Bernardes SR, De Matias TSI, Thomé G. Tecnologia CAD/CAM aplicada a prótese dentária e sobre implantes. *J Ilapeo*. 2012;6(1):8-13.

22. Abduo J, Elseyoufi M. Accuracy of Intraoral Scanners: A Systematic Review of Influencing Factors. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2018;26(3):101-21.
23. Stanley M, Paz AG, Miguel I, Coachman C. Fully digital workflow, integrating dental scan, smile design and CAD-CAM: case report. *BMC Oral Health*. 2018;18:1-8.
24. Hilgert LA, Baldissera RA, Busato AL, Romano MM, Pereira Neto AA. Odontologia restauradora com sistemas CAD/CAM: o estado atual da arte. Parte 1: princípios de utilização. *Clin Int J Braz Dent*. 2009;5(3):294-303.
25. Hilgert LA, Baldissera RA, Busato AL, Romano MM, Pereira Neto AA. Odontologia restauradora com sistemas CAD/CAM: o estado atual da arte. Parte 3: materiais restauradores para sistemas CAD/CAM. *Clin Int J Braz Dent*. 2010;6(1):86-96.
26. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *J Prosthodont Res*. 2016;60(2):72-84.
27. Hostert MB, Silva JH, Ferreira JG, Siqueira KC. Sistema CAD/CAM - tecnologia digital na odontologia. XIV Semana Acad Odontol. 2014.
28. Bezerra PAM, Costa DR, Silva AF, Brito JF, Lima JC. O uso de tecnologias na otimização de tratamentos endodônticos realizados na graduação: relato de casos clínicos. *Rev Eletrônica Estácio Recife*. 2024;11(2).
29. Neto AV, Oliveira RA, Freitas BF, Matos FM. Cirurgia guiada virtual para reabilitação oral: revisão de literatura e relato de caso. *Rev Cir Traumatol Buco-Maxilo-fac*. 2009;9(2):45-52