



www4.fsanet.com.br/revista

Revista Saúde em Foco, Teresina, v. 9, n. 2, art. 3, p. 40-57, mai./ago. 2022

ISSN Eletrônico: 2358-7946

<http://dx.doi.org/10.12819/rsf.2022.9.2.3>

Sistema Cad/Cam: Uma Ferramenta Digital na Odontologia Atual

Cad/Cam System: Digital Tool in Current Dentistry

Carla Luiza de Oliveira Alves

Graduação em Odontologia do Centro Universitário Newton Paiva
E-mail: carlaluizalima@hotmail.com

Carolayne Fernandes Lopes Maia

Graduação em Odontologia do Centro Universitário Newton Paiva
E-mail: carolaynefernandes917@gmail.com

Jucielle Batista de Moura

Graduação em Odontologia do Centro Universitário Newton Paiva
E-mail: juciellebm_@hotmail.com

Karina Lane Campos Andrade

Mestre em Saúde Coletiva pela Universidade Federal de Minas Gerais
Professora do Centro Universitário Newton Paiva
E-mail: karina.andrade@newtonpaiva.br

Ricardo Antônio Alpino Rodrigues

Doutor em Odontologia pela UFMG
E-mail: ricardo.alpino@newtonpaiva.br

Endereço: Carla Luiza de Oliveira Alves

Rua Santa Cecília, 855, Vista Alegre, CEP: 30514-550,
Belo Horizonte/MG, Brasil.

Endereço: Carolayne Fernandes Lopes Maia

Rua Maria Helena, 222, apartamento 202, Candelária,
CEP: 31510-150, Belo Horizonte/MG, Brasil.

Endereço: Jucielle Batista de Moura

Rua Otacílio Junqueira Miranda, 44, São José, CEP:
35720-000, Matozinhos/MG, Brasil.

Endereço: Karina Lane Campos Andrade

Avenida Silva Lobo, 1730, Grajaú, CEP: 30431-262,
Belo Horizonte/MG, Brasil.

Endereço: Ricardo Antônio Alpino Rodrigues

Avenida Silva Lobo, 1730, Grajaú, CEP: 30431-262,
Belo Horizonte/MG, Brasil.

Editor-Chefe: Dr. Tonny Kerley de Alencar Rodrigues

Artigo recebido em 05/05/2022. Última versão
recebida em 17/05/2022. Aprovado em 18/05/2022.

Avaliado pelo sistema Triple Review: a) Desk Review
pelo Editor-Chefe; e b) Double Blind Review
(avaliação cega por dois avaliadores da área).

Revisão: Gramatical, Normativa e de Formatação



RESUMO

O avanço da tecnologia digital pode ser utilizado para auxiliar e melhorar os procedimentos odontológicos tradicionais, com a finalidade de gerar maior qualidade nos resultados estéticos e funcionais obtidos. Sendo assim, o cirurgião-dentista deve utilizar todos os recursos disponíveis para garantir a previsibilidade do tratamento e atender às expectativas dos pacientes. Nesse contexto, o surgimento da tecnologia CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) trouxe outra realidade para a prática odontológica clínica diária. Pautado nisso, o objetivo do presente estudo é realizar uma revisão da literatura, a fim de avaliar a aplicação, vantagens e possíveis limitações do uso da tecnologia CAD/CAM na Odontologia. Visando construir o referencial teórico, foi realizada uma pesquisa nas bases de dados Medline, Scielo, PubMed, Lilacs e BVS. Estudos concordantes com a temática, entre os anos de 2005-2021 e nos idiomas português, inglês e espanhol foram selecionados. Pôde-se observar a eficiência clínica do sistema CAD/CAM, que é atualmente aplicado em diversos procedimentos clínicos, obtendo um ótimo resultado no tempo de trabalho, qualidade no procedimento e satisfação do paciente, sendo caracterizado por proporcionar uma intervenção mais rápida e menos invasiva. Em suma, conclui-se que o sistema CAD/CAM pode ser considerado uma alternativa confiável, prática e estética para o dia a dia do profissional.

Palavras-Chave: CAD-CAM. Odontologia. Planejamento Digital. Reabilitação Bucal. Tecnologia Odontológica.

ABSTRACT

The advancement of digital technology can be used to assist and improve traditional dental procedures, in order to generate greater quality in the aesthetic and functional results obtained. Therefore, the dentist must use all available resources to ensure treatment predictability and meet patient expectations. In this context, the emergence of CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) technology has brought another reality to daily clinical dental practice. Based on this, the objective of the present study is to carry out a literature review in order to evaluate the application, advantages and limitations of the use of CAD/CAM technology in Dentistry. Aiming to build the theoretical framework, a search was carried out in the Medline, Scielo, PubMed, Lilacs and VHL databases. Studies consistent with the theme, between the years 2005-2021 and in Portuguese, English and Spanish were selected. It was possible to observe the clinical efficiency of the CAD/CAM system, which is currently applied in several clinical procedures, obtaining an excellent result in working time, procedure quality and patient satisfaction, being characterized by providing a faster and less invasive intervention. In short, it is concluded that the CAD/CAM system can be considered a reliable, practical and aesthetic alternative for the daily life of the professional.

Keywords: CAD-CAM. Dentistry. Digital Planning. Oral Rehabilitation. Dental Technology.

1 INTRODUÇÃO

A transformação da tecnologia e a integração de soluções digitais estão transformando a Odontologia (BÓRIO; DEL SANTO; JACOB, 2017). Isso porque a tecnologia vem aplicando novos equipamentos que permitem ao cirurgião-dentista uma gama de possibilidades, auxiliando no diagnóstico, prognóstico e tratamento (CAMARGO *et al.*, 2018). Atualmente, quase todas as áreas odontológicas utilizam equipamentos diferenciados, permitindo melhor acesso e obtenção de imagens e documentações fundamentais para o planejamento de casos clínicos (JUNIOR, 2020).

Nesse contexto, o progresso tecnológico que ocorre em diversos campos viabilizou a aplicação também na área odontológica (ALVEZ, 2017). A tecnologia aliada aos tratamentos odontológicos tem como objetivo a otimização dos procedimentos, buscando métodos de intervenção e tratamento que conjugam estética, durabilidade, facilidade de execução e economia de tempo, tanto para o profissional quanto para o paciente (ALGHAZZAWI, 2016).

Pautado nisso, o sistema CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing), desenvolvido na década 1950, permite modelar, projetar e fabricar objetos em processos industriais (CAMARGO *et al.*, 2018). No entanto, tem sido utilizado na odontologia para a confecção de restaurações indiretas, coroas, laminados, próteses, implantes, ortognática (AHLHOLM *et al.*, 2016), o que representa uma associação de sucesso entre a evolução da informática e da engenharia para as necessidades da odontologia (FILGUEIRAS *et al.*, 2018).

CAD/CAM é uma sigla que significa, respectivamente: desenho auxiliado por computação e manufatura auxiliada por computação (HILGERT *et al.*, 2009a). A indústria de maneira geral utiliza esse processo com o objetivo de automatizar, agilizar e controlar os processos de fabricação (BERNARDES *et al.*, 2012). Em consonância a isso, Moura e Santos (2015) afirmam que a implantação desta tecnologia na área odontológica teve como objetivo promover automatização e padronização do processo de fabricações, assim como reduzir os custos da produção.

O sistema CAD/CAM é composto basicamente de três componentes, segundo Moura e Santos (2015): 1) um scanner de digitalização que realiza a leitura virtual de um preparo, impressão ou modelo, 2) um software CAD que permite o desenho da futura restauração em computador 3) uma unidade CAM, responsável pelo corte da cerâmica e confecção da restauração ou infraestrutura (RIETJENS, 2013).

As vantagens do método digital não são apenas em termos da nova gama de materiais que podem ser utilizados, mas também podem ser vistas ao longo de todo o fluxo de trabalho, desde a impressão e desenho, até a finalização do tratamento (SEGALLA, 2021).

Evitar desconforto do paciente, agilizar a previsibilidade e resultados do trabalho, melhorar a comunicação entre dentista, paciente e laboratórios de prótese e reduzir os espaços físicos necessários para o arquivamento de modelos são algumas das alegadas vantagens dessa tecnologia (POLIDO, 2010).

Durante os últimos 20 anos, verificou-se um grande desenvolvimento da tecnologia CAD/CAM no que diz respeito à leitura das preparações dentárias, aos programas de desenho virtual, aos materiais e à maquinação das restaurações protéticas (HILGERT *et al.*, 2009b), tornando importante a realização de uma revisão sobre a presença do sistema CAD-CAM na Odontologia (CORREIA *et al.*, 2006).

Em suma, pode-se inferir que novas tecnologias vêm surgindo a cada dia, sendo necessária a atualização do cirurgião-dentista quanto às novas opções de diagnóstico e tratamento (CAMARGO *et al.*, 2018). Pautado nisso, o objetivo do presente estudo é fazer uma revisão de literatura, a fim de identificar a aplicabilidade do sistema CAD/CAM na Odontologia, assim como os possíveis benefícios e limitações da sua utilização.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Desenvolvido na década de 1950, os sistemas CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing), foram um grande ponto de partida para o avanço na odontologia, realizado de forma conjunta com a evolução tecnológica e a engenharia (HILGERT *et al.*, 2009a). O CAD está relacionado ao desenho da peça, enquanto o CAM atua no sistema de fresagem (RIETJENS, 2013).

A necessidade de desenvolvimentos que levassem à possibilidade de execução de reabilitações de maiores extensões levou à busca pela tecnologia CAD/CAM (YILMAZ, 2015). Esta tecnologia já estava presente na grande área da engenharia. Desde a década de setenta, a aplicação desta técnica vem sendo sugerida na clínica odontológica com o objetivo de simplificar, automatizar e garantir níveis de qualidade (BERNARDES *et al.*, 2012)

Scanners com a tecnologia CAD/CAM foram originalmente criados para uso dental a partir de uma tese intitulada “Empreinte Optique” (Impressão Ótica) e apresentados na Université Claude Bernard, Faculté d’Odontologie, in Lyon, France in 1973 pelo Dr. Francois Duret.

Esse pesquisador desenvolveu e patenteou um aparelho de CAD/CAM em 1984, chamado CEREC e apresentou no Congresso de Inverno de Chicago em 1989 (BÓRIO; DEL SANTO; JACOB, 2017).

O CAD ou o desenho realizado pelo computador teve sua origem depois do desenvolvimento de programas ou softwares de computadores, bem como o hardware ou a máquina propriamente dita (CAMARGO *et al.*, 2018). Hoje, grande parte da população tem acesso e está habituada à tecnologia virtual, trabalhando com arquivos computacionais ao invés de objetos reais (YILMAZ, 2015).

Já o processo CAM, ou a manufatura auxiliada pelo computador, nada mais é do que a materialização ou fabricação da imagem virtual trabalhada no software CAD (RIETJENS, 2013). Máquinas ou tornos controlados por computadores realizam os procedimentos de usinagem com alta precisão a partir de uma lista de movimentos escrita num código específico. Assim, a forma e os cuidados do corte ou usinagem são respeitados e controlados de forma automatizada (BERNARDES *et al.*, 2012).

Dessa forma, o sistema CAD/CAM trata-se de uma tecnologia muito utilizada em várias indústrias (HILGERT *et al.*, 2009b). Sendo que, os objetivos principais dessa tecnologia consistem na automatização de um processo manual, de modo a obter material de elevada qualidade, padronizar processos de fabricação e reduzir os custos de produção (CORREIA *et al.*, 2006).

De forma simples, podemos dividir as tecnologias CAD/CAM em diferentes partes e essas determinam diretamente não só a qualidade do produto final, mas também as opções de confecção e materiais com que se pode trabalhar (BERNARDES *et al.*, 2012).

Sendo assim, nos últimos anos, observou-se um grande avanço da tecnologia CAD/CAM no contexto odontológico. Principalmente, no que diz respeito à leitura dos preparos dentais, programas de desenho virtuais, materiais utilizados e maquinação das restaurações (MIYAZAKI, 2011).

2.1 Áreas de aplicação do CAD/CAM na Odontologia

De forma geral, as especialidades da Odontologia que mais têm se beneficiado da tecnologia CAD/CAM são a Ortodontia, a Prótese, a Implantologia e a Cirurgia Ortognática (BÓRIO; DEL SANTO; JACOB, 2017).

Em ortodontia, os modelos criados digitalmente podem contribuir para o processo diagnóstico (CAMARGO *et al.*, 2018). Eles podem ser usados para determinar o formato e

tamanho das arcadas dentárias, tipo de mal oclusão, quantidade de apinhamento, trespasse vertical e horizontal, discrepâncias de tamanho dentário, simulação de tratamento, e posicionamento de braquetes (HILGERT *et al.*, 2009c).

Outra aplicação no contexto ortodôntico é o estudo do melhor sítio para instalação de implantes de ancoragem temporária, tendo em vista sua popularização como auxiliar na biomecânica ortodôntica (BÓRIO; DEL SANTO; JACOB, 2017).

Rheude *et al.* (2005) compararam o uso de modelos digitais com os modelos de gesso tradicionais no diagnóstico e plano de tratamento em Ortodontia. A conclusão é de que, na vasta maioria dos casos, os modelos digitais podem ser usados com sucesso na documentação ortodôntica. De interesse foi o fato de que, à medida que os observadores usavam os modelos digitais, mais os diagnósticos se tornavam semelhantes aos feitos com modelos convencionais. Isso possivelmente indica que há uma pequena curva de aprendizado até que os modelos digitais possam ser comparados aos convencionais.

Já na prótese, as imagens podem ser utilizadas como arcadas (totais ou parciais) ou troqueis (RIETJENS, 2013). Os modelos virtuais (e sua impressão) são úteis para o encerramento diagnóstico do caso, para a confecção de provisórios e das peças definitivas (YILMAZ, 2015).

Ademais, o sistema CAD/CAM permite ao profissional confeccionar restaurações em uma única sessão, caracterizando-se pelo fácil manuseio e velocidade na obtenção das restaurações (CRUZ, 2018)

Além disso, esse sistema se torna uma ferramenta muito útil para estudos-diagnóstico, quando possíveis alterações, seja em estruturas dentárias e/ou em tecido periodontal, podem ser simuladas, discutidas entre profissionais e apresentadas ao paciente, para sua prévia autorização antes da intervenção (BÓRIO; DEL SANTO; JACOB, 2017).

Em implantodontia, a tecnologia CAD/CAM vem sendo aplicada nas técnicas de cirurgias virtuais de instalação de implantes e construção de guias cirúrgicos e biomodelos de prototipagem rápida. Eles possibilitam desde uma simulação do procedimento cirúrgico até a execução de cirurgias guiadas (HILGERT *et al.*, 2009c). Os protótipos obtidos representam uma réplica anatômica fiel de um modelo virtual, permitindo melhorar bastante a visualização facilitando o planejamento cirúrgico (GOMES *et al.* 2008).

Entretanto, quando essa tecnologia é aplicada nos casos de implantes múltiplos, a distância entre eles pode gerar imprecisão, comprometendo o método (BORGES; LIMA; CARVALHO, 2020). Ou seja, os implantes guiados por CAD/CAM permitem um novo horizonte na implantodontia e na cirurgia buco-maxilo-facial (CAMARGO *et al.*, 2018), em

que os procedimentos cirúrgicos se tornem mais simples, seguros e previsíveis, atualização dos métodos convencionais de trabalhos resultando em economia, ergonomia e funcionalidade (TENÓRIO *et al.* 2015).

Na área de cirurgia ortognática, o planejamento virtual tem sido proposto há um bom tempo e modelos digitais contribuem de forma definitiva (HILGERT *et al.*, 2009a). Há ainda a possibilidade de simular virtualmente a cirurgia e, possivelmente, a confecção de splints transcirúrgicos. Embora modelos experimentais tenham sido propostos, esse *modus operandi* ainda não é amplamente aplicado (BÓRIO; DEL SANTO; JACOB, 2017).

Outro ponto a ser discutido é a integração de modelos digitais com imagens digitais obtidas por tomografias do tipo Cone-Beam (LESAGE, 2020), simulando movimentos ortodônticos/cirúrgicos em casos de cirurgia ortognática, por exemplo, facilitará em muito o diagnóstico e planejamento desses casos complexos (POLIDO, 2010).

Além disso, nos casos de Ortodontia e de cirurgia ortognática, tem-se o registro oclusal em oclusão cêntrica, que historicamente é realizado por meio do uso de materiais de silicone ou cera (RIETJENS, 2013). No entanto, quando realizado digitalmente, não há material colocado entre os dentes superiores e inferiores. Isso reduz significativamente o risco de se obter uma relação interoclusal inadequada (POLIDO, 2010)

Nesse contexto, em um escopo maior, modelos digitais podem ser compatibilizados com imagens de tomografia computadorizada, além de serem transmitidos via internet e impressos por prototipagem, quando necessário (HILGERT *et al.*, 2009b).

Assim, simulações de resultados tornam-se rotina e outras vantagens logísticas e operacionais são apresentadas (YILMAZ, 2015), como por exemplo: prevenção de quebras dos modelos de gesso, facilidade na reprodução das moldagens das arcadas para confecção de aparelhos ortodônticos e próteses dentárias e aumento de espaço físico nos consultório (BÓRIO; DEL SANTO; JACOB, 2017).

2.2 Vantagens da tecnologia CAD/CAM

Diversas vantagens podem ser citadas ao se tratar do sistema CAD/CAM (PALMA *et al.*, 2021). Inicialmente, deve-se frisar que essa permite o controle de qualidade em nível micrométrico dos trabalhos realizados, o que é de grande importância (BERNARDES *et al.*, 2012)

Esta nova técnica apresenta mais facilidade de uso, melhor qualidade, maior gama de aplicação e mais complexidade (LESAGE, 2020). Outro ponto a ser considerado é a

possibilidade de aplicação de novos materiais com mais segurança, que por sua vez podem ser mais estéticos (BERNARDES *et al.*, 2012).

No caso das próteses, conforme ressalta Bernardes *et al.* (2012), a usinagem de blocos metálicos resulta em menor oxidação e maior precisão para as infraestruturas das próteses quando comparadas a infraestruturas fundidas.

Além disso, possíveis repetições podem ser feitas com mais rapidez e menos trabalho, pois os modelos são computadorizados e o enceramento é um arquivo armazenado em um computador (YILMAZ, 2015).

Como benefícios adicionais, tem-se o conforto para o paciente, a facilidade de explicar o caso e assim uma maior aceitação dos pacientes aos tratamentos (CRUZ, 2018). Abduo (2014) ressaltou ainda que, a estrutura fresada com CAD/CAM apresenta melhor adaptação e passividade.

A qualidade das restaurações CAD/CAM é extremamente alta porque as medidas e a fabricação são muito precisas. Henkel (2007) em um estudo de 117 elementos, cada paciente teve duas restaurações protéticas (coroas) fabricadas, uma de maneira convencional e outra de maneira digital. A coroa convencional foi feita com base em impressões físicas usando moldeiras padrão e material de impressão e a outra foi feita com base em impressões digitais. Sem saber qual era qual, o dentista escolheu 68% das vezes como a coroa mais bem executada a realizada com base na impressão eletrônica.

Associado a isso, tem-se o fato de que os escaneamentos digitais, realizados para planejamento do tratamento, podem ser armazenados em dispositivos de backup (RIETJENS, 2013), enquanto os modelos em gesso devem ser armazenados fisicamente, o que requer um espaço adicional nos consultórios (POLIDO, 2010).

Sendo assim, a existência de um modelo virtual pode ser uma forma de arquivar pacientes sem a necessidade de uma grande área de estoque para esse material (BERNARDES *et al.*, 2012).

Em suma, quando há uma grande demanda, a automatização do processo é mais vantajosa, pois diminui gastos com funcionários e aumenta a capacidade de produção, além de proporcionar uma melhor adaptação das peças (GUEDES *et al.*, 2020).

2.3 Limitações da tecnologia CAD/CAM

Os sistemas CAD/CAM clínicos ou laboratoriais possuem algumas limitações e fatores que podem afetar a precisão da adaptação (HILGERT *et al.*, 2009c). Dentre eles,

podemos citar limitações de uso de alguns softwares usados para desenho das restaurações, assim como limitações do hardware utilizado, como a câmera, o equipamento de escaneamento e as máquinas de usinagem (BERNARDES *et al.*, 2012)

Como em qualquer técnica, o fator humano também é decisivo em processos CAD/CAM. Apesar disso, a técnica por si só não é decisiva para o sucesso, pois envolve várias etapas (BERNARDES *et al.*, 2012).

Correia *et al.* (2006) afirmam que a grande desvantagem dos sistemas CAD/CAM está no alto custo dos equipamentos e na qualificação e aceitação dos dentistas e técnicos de laboratório para o uso da tecnologia, que é totalmente informatizada. E também a questão estética, que em algumas situações necessitam de caracterização extrínseca, realizada no laboratório com mão de obra específica para este trabalho (RIETJENS, 2013).

Pautado nisso, a experiência e conhecimento dos clínicos e técnicos de laboratório também são de extrema importância quando sistemas CAD/CAM clínicos ou laboratoriais forem utilizados (BERNARDES *et al.*, 2012).

Uma outra limitação frequente quanto a essa tecnologia diz respeito à captura do preparo subgingival (CRUZ, 2018). Nesse contexto, restaurações com bordas mais irregulares, como onlays e facetas laminadas parecem ser mais difíceis de reproduzir. Estudos mostram que a adaptação marginal destas restaurações produzidas em sistema CAD/CAM é inferior, embora dentro dos limites clinicamente aceitáveis (VANLIOGLU, 2012; ABOUSHELIB, 2012).

2.4 Desvantagens da tecnologia CAD/CAM

Assim como todo processo, o sistema CAD/CAM possui desvantagens (YILMAZ, 2015). O custo inicial do equipamento e do software é alto, e o profissional precisa investir tempo e dinheiro em treinamento. Sendo assim, os dentistas sem um volume grande e suficiente de restaurações ou procedimentos associados terão dificuldade em fazer seu investimento valer a pena (CRUZ, 2018)

Outra desvantagem é que assim como nas moldagens convencionais, ao fazer uma varredura óptica, o dentista precisa obter um registro preciso do dente que precisa de restauração (PALMA *et al.*, 2021). A varredura precisa enfatizar o término do preparo e duplicar com precisão os dentes adjacentes e a oclusão. Sendo assim, a digitalização requer o mesmo tipo de manejo de tecidos moles, retração, controle de umidade e hemostasia que é tão importante para impressões convencionais (DAVIDOVITZ, 2011)

Segundo Bernardes (2012), no estado atual da tecnologia CAD/CAM, os métodos extraorais são preferíveis. No entanto, este método oferece algumas desvantagens, tais como o tempo despendido e o fato de exigirem uma impressão da preparação dentária, o que também induz fatores de erro nesse processo.

2.5 Como funciona a tecnologia CAD/CAM

Todo sistema CAD/CAM é composto por 3 fases: aquisição de imagens, desenho/projeto e manufatura (YILMAZ, 2015).

Atualmente, a aquisição de imagens é feita por meio de scanners que podem ser intra ou extraorais (HILGERT *et al.*, 2009a). Com os scanners extraorais a imagem é obtida a partir de modelos de gesso. Isso quer dizer que o procedimento de moldagem, realizado de forma convencional, e o vazamento de um modelo de gesso ainda são necessários (ROSSI, 2020). Com os scanners intraorais as imagens são obtidas diretamente das arcadas dentárias dos pacientes, assim como o registro de oclusão. Dessa forma, a aquisição de imagens é realizada de maneira mais rápida e fácil (PALMA *et al.*, 2021).

A aquisição de imagens feita através do escaneamento é encaminhada para o software, onde haverá a manipulação e planejamento das imagens (CAD) (LESAGE, 2020).

O processo de manufatura auxiliada ou CAM torna possível a fabricação ou materialização da imagem computadorizada que foi projetada no software CAD. O sistema CAM irá produzir a reabilitação desejada por meio de uma fresadora ou da impressão digital 3D.

Segundo Davidodowitz (2011), os sistemas CAD/CAM odontológicos em consultório consistem em um scanner portátil. Ou seja, um carrinho que abriga um computador junto com um monitor e uma fresadora.

O escaneamento é obtido movendo a câmera primeiro sobre as superfícies oclusais, depois sobre as superfícies vestibulares e, finalmente, sobre as superfícies linguais. Um escaneamento adicional é feito das superfícies vestibulares em oclusão (CAMARGO *et al.*, 2018). A imagem do monitor, que aparece instantaneamente, pode ser girada e ampliada para garantir que todas as áreas foram digitalizadas corretamente e nenhuma falha na imagem apareça, permitindo ao dentista marcar onde a restauração deve começar e terminar com base nesta imagem (RIETJENS, 2013).

O software então gera uma proposta de restauração em comparações com os dentes adjacentes, que pode ser alterada ou ajustada conforme necessário (PALMA *et al.*, 2021).

Após a aprovação do projeto de dente desenhado, o processo de fresagem pode começar (HILGERT *et al.*, 2009b).

Pautado nisso, a tecnologia CAD/CAM contribuiu para solucionar 3 desafios, sendo o primeiro garantir a resistência adequada da restauração protética, principalmente para os dentes posteriores (YILMAZ, 2015). O segundo desafio foi criar restaurações protéticas com aparência natural, o mais similar possível ao dente natural. E o terceiro desafio foi tornar a restauração dentária mais fácil, rápida e precisa (DAVIDOWITZ, 2011).

Entretanto, os cirurgiões-dentistas devem, antes de tudo, possuir capacitação para avaliação inicial do paciente, que excede a análise restrita à boca, incluindo uma análise completa da harmonia oclusal e expectativas do paciente (GUEDES *et al.*, 2020)

Isso porque todos esses recursos tecnológicos apresentam uma menor susceptibilidade de erros. No entanto, o operador deve investir em treinamentos para a manipulação do software. Em relação ao custo, é preciso levar em consideração as necessidades do consultório, demanda e fluxo de pacientes, além das condições econômicas do cirurgião-dentista (BORGES; LIMA; CARVALHO, 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, foram selecionados trabalhos abrangendo a temática escolhida, visando construir uma discussão com base em estudos que abordam a aplicabilidade do uso do CAD/CAM em clínicas odontológicas, assim como as vantagens e desvantagens dessa utilização. Dessa forma, trata-se de uma revisão de literatura. Visando construir o referencial teórico, foi realizada uma pesquisa nas bases de dados Medline, Scielo, PubMed, Lilacs e BVS. Estudos nos idiomas português, espanhol e inglês foram selecionados com base nos descritores: “CAD-CAM”; “odontologia”; “planejamento digital”; “reabilitação bucal”; “tecnologia odontológica”. Foram selecionados 40 trabalhos relevantes e, a partir destes, outras referências foram localizadas. Não foi feita discriminação dos estudos, incluindo assim tanto revisões, como estudos clínicos, teses, periódicos ou reporte de casos clínicos. Os critérios de inclusão foram artigos concordantes com as palavras-chave e com conteúdo de interesse para o autor. Os critérios de exclusão foram os artigos inacessíveis, ou aqueles cujo conteúdo não concordava com o tema a tratar, assim como aqueles coincidentes entre as distintas bases consultadas. O filtro temporal abrange o período entre 2005-2021.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A odontologia digital está cada vez mais presente nos consultórios e laboratórios de próteses dentárias e como consequência grande parte dos tratamentos reabilitadores podem ou são planejados e executados do seu início ao fim de maneira digital (FILGUEIRAS *et al.*, 2018).

De acordo com Fuzo e Dinato (2013), para aproveitarmos os benefícios que o sistema CAD/CAM oferece, é fundamental conhecer os recursos, os elementos e as etapas que envolvem esta tecnologia.

A tecnologia recém-moderna de design auxiliado por computador e fabricação assistida por computador Computer Aided Design (CAD)/Computer Aided Manufacturing (CAM) tem estado cada vez mais nos consultórios odontológicos (RIETJENS, 2013), melhorando significativamente o tempo de trabalho e a qualidade dos procedimentos odontológicos (GAN *et al.*, 2019).

Nesse contexto, o sistema CAD/CAM é amplamente utilizado, uma vez que a impressão digital é mais confortável para os pacientes (principalmente a população idosa vulnerável ou mais jovem), o acaba se tornando um diferencial competitivo (BARENGH *et al.*, 2019).

O resultado dos artigos revisados demonstrou que há uma ampla utilização do CAD/CAM, podendo ser utilizado em diversas áreas da odontologia, em diversos procedimentos.

Como relatado anteriormente, o CAD/CAM pode ser utilizado em diversas áreas, inclusive na área cirúrgica (CAMARGO *et al.*, 2018), sendo que o estudo de Mehra *et al.* (2016), demonstrou que o advento da tecnologia CAD/CAM, na utilização de cirurgia, pode ser planejado virtualmente para facilitar osteotomias precisas, levando a melhores resultados funcionais em reconstruções maxilofaciais.

Além do uso de materiais padronizados, de qualidade industrial, os sistemas CAD/CAM podem ser uma ferramenta útil no diagnóstico e planejamento do tratamento (HILGERT *et al.*, 2009c).

Selz *et al.* (2016) relata que com uso do CAD/CAM, as peças fresadas possuem maior estética, resistência à fratura e biocompatibilidade de acordo com o material a ser utilizado.

Cuervo (2016) descreveu um relato de caso em que foi realizado um tratamento protético de um paciente edêntulo total superior e inferior, auxiliado por computador e tecnologia de fabricação CAD/CAM. O estudo concluiu que com o auxílio do CAD/CAM, o

procedimento se torna adequado, tanto nas partes de retenção, estabilidade, estética e satisfação por parte do paciente. Além disso, reduz o tempo de atendimento clínico para apenas uma ou duas consultas e o tempo trabalhando no laboratório.

Magano *et al.* (2019) apresentou um método digital que combina digitalização intraoral e facial para a fabricação de design assistido por computador (CAD/CAM) de barras suportadas por implantes para overdentures maxilares. Ou seja, em seu estudo clínico, realizou a integração dos exames intraoral e facial que permitiu restaurar com sucesso 15 overdentures maxilares totalmente edêntulos, suportadas por 4 implantes e uma barra CAD/CAM de poliéter-éter-cetona.

Nesse contexto, nota-se que a Odontologia atual exige padrões de qualidade muito superiores aos verificados no século passado, sob dois níveis fundamentais: funcionalidade e estética (CAMARGO *et al.*, 2018).

A implementação da tecnologia CAD-CAM, com seus diversos sistemas, ajudará a surtir esse efeito, não no sentido de uma “produção em série”, mas sim num aperfeiçoamento na produção das restaurações, pela utilização do desenho e da confecção, assistidas por computador (RIETJENS, 2013).

Com as tecnologias em crescente aumento, o profissional que se enquadrar nas tendências tecnológicas poderá ter um diferencial competitivo no mercado (MOURA; SANTOS, 2015), visto que os pacientes estão acompanhando a modernidade e buscam procedimentos que visam a eficiência e agilidade do profissional (YILMAZ, 2015).

Sendo assim, verificou-se que o uso do CAD/CAM traz vários benéficos ao paciente e principalmente ao cirurgião-dentista (CAMARGO *et al.*, 2018), em que eles influenciam em ganho de eficiência e tempo de trabalho em suas clínicas, aumentando a qualidade e precisão do seu trabalho, assim como o tempo de espera do paciente ao seu tratamento (YILMAZ, 2015).

Os tratamentos propostos com o uso do CAD/CAM podem variar, desde a produção de coroas unitárias, facetas, prótese sobre implante, implantes dentários e até a realização de guias cirúrgicos (RIETJENS, 2013).

No entanto, o fato de serem tecnologias essencialmente informatizadas, exige do clínico e do laboratório uma adaptação das dinâmicas de trabalho de forma a rentabilizar o investimento efetuado (HILGERT *et al.*, 2009b).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, com base nos resultados apontados, conclui-se que o uso do sistema CAD/CAM mostrou-se eficaz no contexto odontológico, fornecendo maior previsibilidade dos tratamentos. Dessa forma, é uma realidade cada vez mais próxima dos cirurgiões-dentistas e, conseqüentemente, das abordagens odontológicas. No entanto, assim como todo sistema e/ou processo, apresenta vantagens, limitações e desvantagens na sua utilização. Portanto, o cirurgião dentista deve se atualizar e se adaptar a essas evoluções, visando oferecer mais possibilidades e conforto ao paciente.

REFERÊNCIAS

AHLHOLM, P. Digital versus conventional impressions in fixed prosthodontics: A review. **Journal of Prosthodont**, v. 27, n. 1, p. 35-41, 2018.

ALGHAZZAWI, T. F. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. **Journal of Prosthodontic Research**, v. 60, n. 2, p. 72-84, 2016.

ALVES, V. Vantagens x desvantagens do sistema CAD/CAM. **Brazilian Journal of Surgery and clinical Research**, v. 18, n. 1, p. 106-109, 2017.

BARENGHI, L.; BARENGHI, A.; CADEO, C. *et al.* Innovation by Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing Technology: A Look at Infection Prevention in Dental Settings. **BioMed Research International**, v. 9, n. 1, p. 01-15, 2019.

BERNARDES, S. R.; TIOSSI, R.; SARTORI, I. V. A. *et al.* Tecnologia CAD/CAM aplicada a prótese dentaria e sobre implantes: o que é, como funciona, vantagens e limitações. **Jornal ILAPEO**, v. 6, n. 1, p. 08-13, 2012.

BISCARO, L. An In Vivo Evaluation of Fit of Zirconium-Oxide Based Ceramic Single Crowns, Generated with Two CAD/CAM Systems, in Comparison to Metal Ceramic Single Crowns. **Journal of Prosthodontics**, v. 22, n. 1, p. 12-18, 2013.

BORGES, L.; LIMA, E. M. C.; CARVALHO, A. O. O uso do sistema CAD/CAM para confecção de próteses fixas: aplicações e limitações. **Journal of Public Health Dentistry**, v. 11, n. 2, p. 159-166, 2020.

BOSIO, J. A.; DEL SANTO, M.; JACOB, H. Odontologia digital contemporânea – Scanners intraorais digitais. *Orthodontic Science and Practice*, v. 10, n. 39, p. 355-362, 2017.

CAMARGO, I. F.; MANETTI, L. P.; ZECZKOWSKI, M. *et al.* Sistemas CAD/CAM e suas aplicações na odontologia: revisão da literatura. **Revista Uningá**, v. 55, n. 3, p. 221-228, 2018.

CORREIA, A. R. M. CAD/CAM: a informática da prótese fixa. **Revista Odontológica da UNESP**, v. 4, n. 1, p. 183-189, 2006.

CUERVO, J. M. CAD-CAM en prótesis total: Reporte de caso. **Universitas Odontológica**, v. 37, n. 78, p. 18-32, 2018.

CRUZ, E. M. Sistemas CAD/CAM na odontologia. 2018. 48f. Tese Livre Docência. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

DAVIDOWITZ, G. The use of CAD/CAM in dentistry. **Dental Clinics of North America**, v. 55, n. 3, p. 559-570, 2011.

FASBINDER, D. J. Materials for Chairside CAD/CAM Restorations. **Compendium**, v. 31, n. 9, p. 702-708, 2010.

FILGUEIRAS, A.; PINTO, D. G.; FERRAREZ, L. L. Aplicabilidade clínica dos avanços da tecnologia CAD-CAM em Odontologia. **HU Revista**, v. 44, n. 1, p. 29-34, 2018.

FUZO, A.; DINATO, J. C. CAD/CAM: uma visão atual. **Revista da Academia Brasileira de Odontologia**, v. 2, n. 1, p. 48-52, 2013.

GAN, N. Accuracy of intraoral digital impressions for whole upper jaws, including full dentitions and palatal soft tissues. **PLoS One**, v. 11, n. 7, p. 112-119, 2016.

GOMES, E. A.; ASSUNÇÃO, W. G.; ROCHA, E. P. *et al.* Cerâmicas odontológicas: o estado atual. **Cerâmica**, v. 1, n. 1, p. 319-325, 2008.

GUEDES, F. A.; SOARES, L. M. B.; PEREIRA, R. S. *et al.* Perspectivas da odontologia estética alinhada com a odontologia digital: uma revisão de literatura. **Brazilian Journal of Health Review**, v.4, n.1. p. 1782-1790, 2021.

HASSAN, B. Integrating 3D facial scanning in a digital workflow to CAD/CAM design and fabricate complete dentures for immediate total mouth rehabilitation. **The journal of advanced prosthodontics**, v. 9, n. 5, p. 381-386, 2017.

HENKEL G. L. A comparison of fixed prostheses generated from conventional vs digitally scanned dental impressions. **Compendium of Continuing Education in Dentistry**, v. 28, n. 8, p. 422-424, 2007.

HILGERT, L. A.; SCHWEIGER, J.; BEUER, F. *et al.* CAD/CAM restorative dentistry: the present state-of-the-art part 1 – fundamentals of use. **International Journal of Brazilian Dentistry**, v. 5, n. 3, p. 294-303, 2009a.

HILGERT, L. A.; SCHWEIGER, J.; BEUER, F. *et al.* CAD/CAM restorative dentistry: the present state-of-the-art. Part 2 – Restorative Possibilities and CAD/CAM Systems. **International Journal of Brazilian Dentistry**, v. 5, n. 3, p. 424-435, 2009b.

HILGERT, L. A.; SCHWEIGER, J.; BEUER, F. *et al.* CAD/CAM restorative dentistry: the present state-of-the-art Part 3 – Restorative materials for CAD/CAM systems. **International Journal of Brazilian Dentistry**, v. 5, n. 3, p. 86-96, 2009c.

JODA, T., ZARONE, F., FERRARI, M. The complete digital workflow in fixed prosthodontics: a systematic review. **BMC Oral Health**, v. 17, n. 124, p. 03-09, 2017.

JUNIOR, H. L. M. A evolução do tratamento em odontologia. 2020. 25f. Tese Livre Docência. **Centro Universitário Fametro**, Fortaleza, 2021.

LESAGE, B. P. CAD/CAM: Applications for transitional bonding to restore occlusal vertical dimension. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 32, n. 2, p. 132-140, 2020.

LEIFERT, M. F.; LEIFERT, MM.; EFSTRATIADIS, S. S. *et al.* Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 136, n. 1, p. 161-164, 2009.

LIU, P. R. A Panorama of Dental CAD/CAM Restorative Systems. **Compendium of Continuing Education in Dentistry**, v. 26, n. 7, p. 507-508, 2005.

MANGANO, F. A novel full-digital protocol (SCAN-PLAN-MAKE-DONE®) for the design and fabrication of implant-supported monolithic translucent zirconia crowns cemented on customized hybrid abutments: a retrospective clinical study on 25 patients. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 3, p. 03-09, 2019.

MEHRA, M. Mandibular fibular graft reconstruction with CAD/CAM technology: A clinical report and literature review. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 115, n. 1, p. 123-128, 2016.

MIYAZAKI, T; HOTTA, Y. CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. **Australian Dental Journal**, v. 5, n. 3, p. 97-106, 2011.

MOURA, R. B. B.; SANTOS, T. C. Sistemas cerâmicos metal free: tecnologia CAD/CAM. **Revista Interdisciplinar**, v. 8, n. 1, p. 220-226, 2015.

McLAREN, E. CAD/CAM Dental Technology: A Perspective on Its Evolution and Status. **Compendium of Continuing Education in Dentistry**, v. 32, n. 4, p. 74-75, 2011.

PÁDUA, J. M.; TELES, R. F. **CAD/CAM no laboratório e na clínica: a odontologia digital**. Nova Odessa, São Paulo: Napoleão, 2017. 1ª ed.

PALMA, F. A. M *et al.* Utilização da tecnologia CAD/CAM em clínicas odontológicas: revisão de literatura. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 13, n. 2, p. 01-09, 2021.

PEDROCHE, L. O. Marginal and internal fit of zirconia copings obtained using different digital scanning methods. **Revista Brazilian Oral Research**, v. 1, n. 1, p. 01-07, 2016.

PENTAPATI, K. C *et al.* Reliability of intra-oral camera using teledentistry in screening of oral diseases: Pilot study. **The Saudi dental journal**, v. 29, n. 2, p. 74-77, 2017.

POLIDO W. D. Moldagens digitais e manuseio de modelos digitais: o futuro da Odontologia. **Dental Press Journal of Orthodontics**, v. 15, n. 5, p. 18-22, 2010.

PONTARA, V. B; PEREIRA, R. C; LUGON, K. S. Planejamento odontológico: Uma nova forma de abordagem. **Anais da Jornada Científica e Cultural FAESA**, p. 62-64, 2018.

RIETJENS, P. N. **Sistemas CAD/CAM**: relato de casos clínicos. 2013. 23f. Tese Livre Docência. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

RHEUDE, B.; SADOWSKY, P. L.; FERRIERA, A. et al. An evaluation of the use of digital study models in orthodontic diagnosis and treatment planning. **The Angle Orthodontist**, v. 75, n. 1, p. 300-304, 2005.

ROSSI, N. R. Applicability of digital smile design aesthetic rehabilitation: literature review. **Journal of Dentistry & Public Health**, v. 11, n. 2, p. 01-12, 2020.

SARATTI, C. M. Full-mouth rehabilitation of a severe tooth wear case: a digital, esthetic and functional approach. **The International Journal of Esthetic Dentistry**, v. 15, n. 3, p. 242-262, 2020.

SEGALLA, D. B. A Odontologia Digital No Meio Militar: Sistema CAD/CAM. 2021. 27f. Tese Livre Docência. Escola de Saúde do Exército, Rio de Janeiro, 2021.

SELZ, C. Full-mouth rehabilitation with monolithic CAD/CAM-fabricated hybrid and all-ceramic materials: A case report and 3-year follow up. **Quintessence International**, v. 47, n. 2, p. 115-121, 2016.

SCANAVINI, M. A *et al.* Novo dispositivo para obtenção de fotografias frontais e laterais padronizadas. **Jornal Brasileiro de Ortodontia & Ortopedia Facial**, v. 8, n. 45, p. 234-238, 2010.

TAVARES, C. C *et al.* Aplicabilidade dos sistemas CAD/CAM em Prótese Total: revisão de literatura. **Archives of Health Investigation**, v. 7, n. 11, p. 25-68, 2019.

TENÓRIO, J. R. Prototipagem e cirurgia guiada em implantodontia. **Revista Faculdade Odontologia**, v. 20, n. 1, p. 110-114, 2015.

TONIETO, R. S. L.; ROCHA, L. R; YAMASHITA, R. K. Odontologia digital no auxílio das reabilitações estéticas: Revisão de Literatura. **Facit Business And Technology Journal**, v. 1, n. 1, p. 419-430, 2021.

VANLIOGLU, B. A. et al. Internal and marginal adaptation of pressable and computer-aided design/computer-assisted manufacture onlay restorations. **International Journal of Prosthodontics**, v. 25, n. 3, p. 142-146, 2012.

YILMAZ, B. Incorporating digital scans of diagnostic casts into computed tomography for virtual implant treatment planning. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 114, n. 2, p. 178-181, 2015.

Como Referenciar este Artigo, conforme ABNT:

ALVES, C. L. O; MAIA, C. F. L; MOURA, J. B; ANDRADE, K. L. C; RODRIGUES, A. Sistema Cad/Cam: Uma Ferramenta Digital na Odontologia Atual. **Rev. Saúde em Foco**, Teresina, v. 9, n. 2, art. 3, p. 40-57, mai./ago. 2022.

Contribuição dos Autores	C. L. O. Alves	C. F. L. Maia	J. B. Moura	K. L. C. Andrade	A. A. Rodrigues
1) concepção e planejamento.	X	X	X	X	X
2) análise e interpretação dos dados.	X	X	X	X	X
3) elaboração do rascunho ou na revisão crítica do conteúdo.	X	X	X	X	X
4) participação na aprovação da versão final do manuscrito.	X	X	X	X	X