

Uso do sistema Computer Aided Design-Computer Aided Manufacturing (CAD-CAM) com suas indicações, vantagens e desvantagens: Uma revisão integrativa

Use of the Computer Aided Design-Computer Aided Manufacturing (CAD-CAM) system with its indications, advantages and disadvantages: An integrative review

Uso del sistema de Diseño Asistido por Computadora-Fabricación Asistida por Computadora (CAD-CAM) con sus indicaciones, ventajas y desventajas: Una revisión integrativa

Recebido: 03/09/2024 | Revisado: 12/09/2024 | Aceitado: 13/09/2024 | Publicado: 19/09/2024

Elizangela Andrade de Abreu

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6639-9849>
Universidade Metropolitana de Santos, Brasil
E-mail: elizangela-andrade@hotmail.com

Jade Galdino

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1886-4683>
Universidade Metropolitana de Santos, Brasil
E-mail: jadegaldinopugliesi@gmail.com

Fernando Martins Baeder

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7101-5689>
Universidade Metropolitana de Santos, Brasil
E-mail: fernandobaeder@uol.com.br

Gabriela Traldi Zaffalon

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4409-5200>
Universidade Metropolitana de Santos, Brasil
E-mail: gatrazza@gmail.com

Ricardo dos Santos Baptista

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9052-2898>
Universidade Metropolitana de Santos, Brasil
E-mail: ricardo.odontologia@hotmail.com

Paola Fernanda Leal Corazza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8639-8392>
Universidade Metropolitana de Santos, Brasil
E-mail: paola_corazza@hotmail.com

Resumo

A introdução do CAD-CAM na odontologia revolucionou tecnologicamente a maneira como os tratamentos odontológicos são planejados, projetados e fabricados. O sistema CAD/CAM refere-se a um conjunto de tecnologias utilizadas para design e fabricação de próteses odontológicas, como coroas, facetas, próteses, entre outros dispositivos. Os sistemas CAD/CAM podem ser uma ferramenta útil no diagnóstico, planejamento e tratamentos reabilitadores. Com o objetivo de apresentar as indicações, vantagens e desvantagens da tecnologia CAD/CAM, realizou-se uma pesquisa nas bases de dados Google acadêmico, Pubmed, Lilacs e Scilo acerca do tema com o objetivo de apresentar as indicações, vantagens e desvantagens da tecnologia CAD/CAM. Como conclusão verificamos que essa tecnologia oferece benefícios significativos, incluindo maior precisão, diminuição no tempo de tratamento para os pacientes e redução da necessidade de moldagens tradicionais desconfortáveis. No entanto, o custo inicial dos equipamentos e materiais pode ser um desafio para algumas clínicas ou consultórios odontológicos.

Palavras-chave: Impressão tridimensional; Tecnologia odontológica; CAD-CAM.

Abstract

The introduction of CAD-CAM in dentistry has revolutionized the way dental treatments are planned, designed, and manufactured. The CAD/CAM system refers to a set of technologies used for designing and manufacturing dental prostheses, such as crowns, veneers, dentures, among other devices. CAD/CAM systems can be a useful tool in diagnosis, planning, and rehabilitative treatments. In order to present the indications, advantages, and disadvantages of CAD/CAM technology, research was conducted in the academic databases Google Scholar, Pubmed, Lilacs, and

Scielo on the subject. As a conclusion, we found that this technology offers significant benefits, including greater precision, reduced treatment time for patients, and a decrease in the need for uncomfortable traditional impressions. However, the initial cost of equipment and materials may be a challenge for some dental clinics or offices.

Keywords: Printing three-dimensional; Technology dental; CAD-CAM.

Resumen

La introducción de CAD-CAM en odontología ha revolucionado la forma en que se planifican, diseñan y fabrican los tratamientos dentales. El sistema CAD/CAM hace referencia a un conjunto de tecnologías utilizadas para el diseño y fabricación de prótesis dentales, como coronas, carillas, dentaduras postizas, entre otros dispositivos. Los sistemas CAD/CAM pueden ser una herramienta útil en el diagnóstico, planificación y tratamientos de rehabilitación. Para presentar las indicaciones, ventajas y desventajas de la tecnología CAD/CAM, se realizaron investigaciones en las bases de datos académicas Google Scholar, Pubmed, Lilacs y Scielo sobre el tema. Como conclusión, encontramos que esta tecnología ofrece beneficios significativos, incluyendo mayor precisión, reducción del tiempo de tratamiento para los pacientes y disminución de la necesidad de incómodas impresiones tradicionales. Sin embargo, el costo inicial de los equipos y materiales puede ser un desafío para algunas clínicas u consultorios dentales.

Palabras clave: Impresión tridimensional; Tecnología dental; CAD-CAM.

1. Introdução

O sistema CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing) na odontologia representa uma revolução tecnológica no campo odontológico. Ele combina o poder da computação com a fabricação automatizada para criar restaurações dentárias precisas e personalizadas (Tapie et. al., 2015; Kunkel & Engelmeier, 2016; Jurado et. al., 2024).

Este sistema tem início com o escaneamento intraoral ou digital das estruturas dentárias do paciente, resultando em uma representação tridimensional detalhada da cavidade bucal. Os dados obtidos são processados por softwares especializados em CAD (Computer-Aided Design), permitindo que os profissionais dentistas realizem o design virtual de restaurações, como coroas, próteses, facetas ou implantes, de acordo com as necessidades específicas do paciente (Meirowitz et. al., 2029; Al-Aali et. al., 2020).

Após a finalização do projeto, os dados são encaminhados para uma máquina CAM (Computer-Aided Manufacturing), como uma fresadora CNC (Controle Numérico Computadorizado) ou uma impressora 3D, que produz a restauração a partir de blocos de materiais odontológicos, como cerâmica ou resina, seguindo as especificações precisas do projeto (Stona et. al., 2015; Gorripati & Godbole, 2024).

Os sistemas CAD/CAM foram inicialmente desenvolvidos nas indústrias aeroespacial e de engenharia, sendo posteriormente adotados em diversas aplicações médicas. Na odontologia, essa tecnologia foi introduzida na década de 1970 pela Cerec (Sirona®, Alemanha), tornando-se o primeiro sistema CAD/CAM comercial em 1987. Desde então, novos sistemas foram desenvolvidos e aprimorados (Peng et. al., 2021).

Na prática odontológica, o sistema CAD/CAM é predominantemente utilizado na produção de próteses dentárias. Uma das aplicações mais comuns do CAD/CAM é na fabricação de coroas dentárias personalizadas para restaurar dentes danificados ou comprometidos. Os dentistas utilizam a tecnologia CAD para criar um modelo digital preciso e, em seguida, fabricam a coroa utilizando uma fresadora CNC ou uma impressora 3D (Peng et. al., 2021).

Com o intuito de apresentar as indicações, vantagens e desvantagens da tecnologia CAD/CAM na odontologia, foi realizada uma pesquisa nas bases de dados Google Acadêmico, Pubmed, Lilacs e Scielo sobre o tema.

2. Metodologia

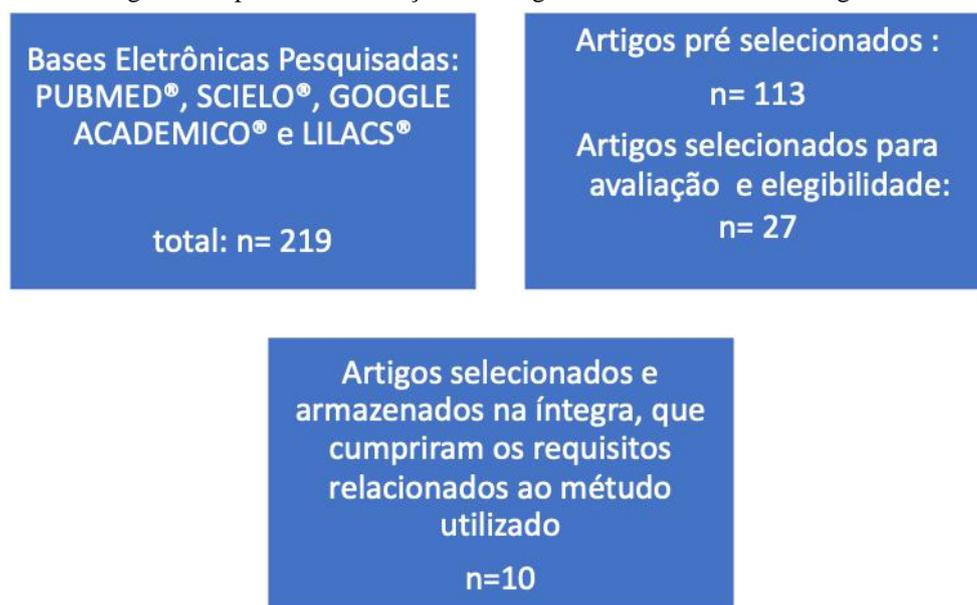
Foi conduzida uma revisão integrativa da literatura, com o objetivo de contribuir para a prática baseada em evidências na área da saúde (Mendes et. al., 2008). O processo de coleta de dados seguiu seis etapas metodológicas. A primeira etapa consistiu na definição do tema relacionado aos objetivos propostos. Em seguida, foi realizada a determinação dos critérios de

inclusão ou exclusão dos artigos coletados. Posteriormente, ocorreu a coleta de informações dos estudos selecionados e sua estratificação. A avaliação dos métodos dos estudos utilizados foi realizada como quarta etapa, seguida pela interpretação e contextualização dos resultados como quinta etapa. Por fim, a apresentação, argumentação e revisão dos estudos selecionados foram conduzidas como última etapa do processo (Nobre et. al., 2020).

Na etapa inicial, o questionamento principal foi estabelecido com o objetivo de revisar na literatura o Sistema CAD/CAM e suas indicações, vantagens e desvantagens. Quatro revisores independentes e calibrados realizaram a triagem dos artigos e a seleção, seguindo a sequência de leitura dos títulos e, posteriormente, dos resumos completos. Discordâncias foram resolvidas por consenso e critérios de elegibilidade foram estabelecidos para a obtenção e seleção dos artigos (Mendes et. al., 2022; Cao et. al., 2022).

A busca pelos artigos foi realizada utilizando descritores padronizados pelo sistema de saúde nos idiomas português, inglês e espanhol, incluindo palavras-chave como "Desenho assistido por computador", "Tecnologia odontológica" e "Estética dentária". Estudos duplicados e publicações não disponíveis na íntegra foram excluídos do processo de seleção, e as bases eletrônicas pesquisadas incluíram PUBMED, SCIELO, GOOGLE ACADEMICO e LILACS conforme apresentado a Figura 1 (Malpartida-Carrillo et. al., 2020).

Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção dos artigos incluídos na revisão integrativa de literatura.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os itens analisados seguiram uma sequência criteriosa, incluindo a relevância do objetivo e justificativa, a adequação do método utilizado, a discussão pertinente aos resultados, a correta seleção da amostra, detalhes sobre a coleta de dados, a relação entre pesquisador e pesquisado, a preservação dos determinantes éticos, a análise e interpretação rigorosa e fundamentada dos dados, bem como a apresentação e discussão dos resultados (Suhonen et. al., 2015).

3. Resultados e Discussão

A tecnologia CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing) tem se tornado uma ferramenta valiosa na odontologia, oferecendo muitas possibilidades para melhorar a precisão e eficiência dos tratamentos odontológicos.

O sistema CAD/CAM pode ser utilizado para planejamento virtual de tratamentos nas áreas de prótese, implantes, cirurgias e estética (Camargo et. al., 2018).

A tecnologia CAD/CAM também é empregada na concepção e fabricação de próteses dentárias, incluindo próteses totais (dentaduras) ou parciais. Esses dispositivos podem ser personalizados com base nos modelos digitais dos pacientes (Junior & Lima, 2020; Alves, 2022).

A tecnologia também permite criar guias cirúrgicos precisos para procedimentos de implantes ou cirurgias orais complexas, aumentando a precisão e reduzindo o tempo operatório (Nobre et. al. 2020).

É possível fabricar coroas e pontes dentarias personalizadas para se encaixarem perfeitamente na boca do paciente. Restaurações dentarias Inlays, onlays, facetas e overlays feitos sob medida. Prótese dentarias totais ou parciais, personalizadas para o paciente. Implantes dentários coroas personalizadas que se encaixam em implantes. Guia cirúrgico para procedimentos precisos de implantes e cirurgias orais (Mangano et. al., 2017; Datta et. al., 2022).

O objetivo deste estudo foi analisar as produções científicas apresentando as indicações, vantagens e desvantagens da tecnologia CAD/CAM na odontologia.

A Tabela 1 descreve os autores, ano de publicação, tipo de estudo, objetivo, indicações, vantagens, desvantagens e conclusões dos artigos publicados.

Tabela 1 - Distribuição dos artigos selecionados para a revisão integrativa da literatura.

| Autor/Ano | Desenho do estudo | Objetivos | Indicação /vantagem e desvantagem | Conclusão |
|-------------------------|-----------------------|--|---|---|
| Camargo et. al., 2018. | Revisão de literatura | Este estudo mostrará o funcionamento e as aplicações da tecnologia CAD/CAM em odontologia através de uma revisão de literatura, além dos materiais que podem ser utilizados. | Principais indicações cerâmicas: Onlay/ inlay, facetas, coroas, PPF, Unitarias sobre implantes, abutments. Metais: infraestruturas para PPFs e barras de prótese protocolo, Padroes para fundicao de infraestruturas para PPFs, PPRs. Entre as vantagens oferecidas por essa tecnologia está a utilização de materiais padronizados, que possuem menos imperfeições e, portanto, qualidade superior. Além disso, os sistemas CAD/CAM permitiram o uso de materiais anteriormente difíceis de trabalhar, como por exemplo, a zircônia. Através da usinagem de zircônia e também de metais, como ligas de titânio e de cobalto-cromo é possível fabricar infraestruturas extensas, para próteses implanto suportadas, por exemplo. As resinas acrílicas também podem ser usadas para padrão de fundição e as ceras para enceramento diagnóstico da prótese. | A tecnologia CAD/CAM apresenta uma gama enorme de possibilidades e traz inúmeros benefícios tanto para o cirurgião dentista quanto para o TPD. Porém, é preciso conhecer as ferramentas de cada sistema para se beneficiar de suas facilidades, pois, aliar a manufatura computadorizada às técnicas manuais pode garantir um ótimo acabamento e melhor estética. |
| Medeiros et. al., 2017. | Revisão de literatura | O objetivo do presente trabalho foi relatar as Vantagens x desvantagens do sistema CAD/CAM na otimização de preparos de estruturas protéticas de acordo com autores encontrados na literatura. | A principal desvantagem do sistema CAD/CAM é a necessidade de um equipamento de alto custo. Além disso, as restaurações apresentam desvantagens na cor, adaptação e escultura, além da falta de controle do processamento computadorizado. Como vantagem, em alguns sistemas, é dispensado o uso de material de moldagem e técnico de laboratório, reduzindo o tempo na cadeira odontológica e o número de sessões. | Com base na literatura encontrada, conclui-se que o sistema CAD/CAM é uma das opções encontradas pelo cirurgião dentista, capaz de produzir restaurações protéticas de alta qualidade e com muitas opções de materiais restauradores e tipos de prótese. Apesar de ainda encontrar algumas limitações como espaço e o alto custo, o desenvolvimento de novas |

| | | | | |
|--------------------------|-----------------------|---|--|---|
| | | | | tecnologias associadas ao planejamento e confecção dos trabalhos resultam em um grande número de sistemas no mercado. |
| Wanderley & Souto, 2018. | Relato de caso | Relata-se o caso de uma paciente, gênero feminino, 34 anos, leucoderma, que procurou atendimento odontológico para reabilitação dos elementos dentais 11 a 21 queixando-se da aparência estética destes dentes. Ao exame clínico, observou-se a presença de restaurações extensas em resina composta, comprometendo a estética do sorriso da mesma. | A utilização deste tipo de equipamento tem atingido um número maior de pessoas que se beneficiam desse sistema que garante resultados de qualidade superior a longo prazo. Neste relato de caso foram feitos os preparos para coroa total e posteriormente escaneamento digital pelo sistema Ominicam (Sirona). Utilizando blocos cerâmicos da IPS Empress II CAD, as coroas foram fresadas com auxílio do sistema Cerec (Sirona). A cimentação em boca foi feita de acordo com as recomendações do fabricante do cimento escolhido, Variolink® (Ivoclar Vivadent), em seguida foram feitos os ajustes oclusais, acabamento e polimento. | O sistema de escaneamento e fresagem é uma alternativa moderna e sustentável que o profissional utiliza para conseguir melhores resultados para diferentes e variados diagnósticos envolvendo tratamentos restauradores. É exigido do cirurgião-dentista mais qualificação e atualização para que a conduta seja feita de forma que o produto final atenda às expectativas do paciente. A utilização deste tipo de equipamento tem atingido um número maior de pessoas que se beneficiam desse sistema que garante resultados de qualidade superior a longo prazo. |
| Cruz, 2018. | Monografia | Realizar uma revisão da literatura, objetivando avaliar os tipos características dos sistemas CAD/CAM disponíveis, etapas de produção, tipos e propriedades de matérias utilizados. Os benefícios e as limitações da tecnologia na confecção da prótese metal Free. | O sistema CAD/CAM possibilita a confecção de restaurações em uma única sessão, destacando-se pela facilidade de uso e rapidez, sendo recomendado mundialmente. É versátil, permitindo o uso de diversos materiais e oferecendo reabilitações livres de metal com cerâmicas reforçadas, adequadas para coroas e próteses fixas. Na odontologia, o CAD/CAM é usado principalmente para produzir próteses fixas como coroas, pontes e facetas a partir de blocos de cerâmica digitalizados e projetados em software CAD. Ele também aumenta a precisão na ortodontia e cirurgia oral, produzindo reabilitações por meio de fresadoras e impressão 3D. A tecnologia CAD/CAM é aplicada em cirurgias virtuais de implantes e construção de guias cirúrgicos, melhorando o planejamento e execução das cirurgias. Isso torna os procedimentos mais simples, seguros e previsíveis, modernizando métodos tradicionais e proporcionando economia e funcionalidade. | A odontologia atual demanda altos padrões de qualidade, especialmente em estética e funcionalidade. A tecnologia CAD/CAM evoluiu significativamente desde sua introdução, sendo cada vez mais popular entre os profissionais. Esses sistemas são capazes de produzir restaurações de alta qualidade, com resistência, adaptação marginal e estética satisfatórias. Além disso, oferecem redução no tempo de confecção e possibilitam o uso de novos sistemas cerâmicos mais resistentes. No entanto, mais estudos são necessários para avaliar completamente as vantagens e desvantagens de cada sistema CAD/CAM. |
| Alves et. al., 2022. | Revisão de literatura | 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. | O sistema CAD/CAM oferece várias vantagens, como controle de qualidade em nível micrométrico, facilidade de uso, melhor qualidade, ampla gama de aplicação e capacidade de trabalhar com novos materiais estéticos de forma segura. A tecnologia permite repetição rápida e menos trabalhosa dos modelos, com alta precisão na fabricação das restaurações. No entanto, o custo inicial elevado do equipamento e do software, além da necessidade de investimento em treinamento, podem ser desvantagens para dentistas com baixo volume de | Conclui-se que o uso do sistema CAD/CAM se mostrou eficaz no contexto odontológico, fornecendo maior previsibilidade dos tratamentos. Dessa forma, é uma realidade cada vez mais próxima dos cirurgiões-dentistas e, consequentemente, 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 |

| | | | | |
|---------------|-----------------------|--|---|--|
| | | | procedimentos. Também é necessário um registro preciso do dente a ser restaurado, similar às moldagens convencionais. O CAD/CAM é utilizado para produzir coroas, facetas, próteses sobre implante, implantes dentários e guias cirúrgicos. | se atualizar e se adaptar a essas evoluções, visando oferecer mais possibilidades e conforto ao paciente. |
| Santos, 2022. | Revisão de literatura | Realizar uma revisão de literatura acerca do funcionamento, características e benefícios da utilização de guias no planejamento de implantes dentários. | Os guias cirúrgicos obtidos através da associação da tomografia computadorizada de feixe cônico e sistema CAD/CAM, tem se tornado um recurso cada vez mais presente na realidade clínica do implantodontista, sendo responsáveis por orientar e limitar a direção e a profundidade de preparação do local de implantação. O uso dessa tecnologia tem possibilitado a realização de procedimentos mais seguros e acurados, com redução do tempo de trabalho clínico e maior possibilidade de preservação de estruturas adjacentes, permitindo que a melhor posição dentária seja alcançada, devolvendo ao paciente características estéticas e funcionais. | Constatou-se que a cirurgia guiada é um recurso cada vez mais utilizado pelos implantodontistas, que associa a tomografia computadorizada de feixe cônico com o sistema CAD/CAM e resulta em um dispositivo capaz de nortear o cirurgião-dentista na correta instalação do parafuso de fixação, de forma que as estruturas adjacentes sejam respeitadas e a melhor posição dentária seja alcançada, devolvendo ao paciente características estéticas e funcionais. |
| Alves, 2022. | Revisão de literatura | o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre as restaurações indiretas realizadas pelo sistema CAD/CAM descrevendo os principais fundamentos e aplicações de uma alternativa restauradora em dentes posteriores. | De acordo com alguns estudos, as principais vantagens observadas como: velocidade, facilidade de uso, qualidade, estabilidade de cor, resistência mecânica superior, reprodutibilidade, precisão, redução de materiais utilizados, cópia e adaptação marginais, técnica simplificada. O CAD/CAM também oferece a vantagem de arquivamento digital dos dados clínicos dos pacientes, permitindo a fácil reprodução de peças em caso de fraturas ou perdas e reduzindo a necessidade de espaço físico para armazenamento. O uso de materiais pré-fabricados padronizados melhora a qualidade e reduz os defeitos. A tecnologia oferece controle de qualidade micrométrico automatizado e produz restaurações de alta qualidade, importantes para a área protética e ajudando a reduzir custos. As desvantagens do sistema CAD/CAM incluem o alto custo em comparação ao método convencional e a necessidade de treinamento específico para operação dos equipamentos. No entanto, o sistema destaca-se por sua maior precisão, conforto e segurança tanto para pacientes quanto para profissionais, melhorando o desempenho clínico e proporcionando um atendimento mais agradável. As desvantagens adicionais incluem uma longa curva de aprendizado, dificuldade na captura da oclusão em tratamentos complexos, sistemas fechados que impedem a transferência de arquivos, incapacidade de capturar margens subgingivais na presença de saliva, sangue ou tecidos inflamados, e a necessidade de seguir os padrões de impressão do fabricante. | Podemos concluir que a introdução do sistema CAD/CAM na rotina clínica dos cirurgiões-dentistas contribui para execução de trabalho nas confecções de próteses dentárias e maior conforto ao paciente. Essa evolução proporciona grandes benefícios como: uso de imagens digitais, arquivamento digital e custo-benefício viável, possibilitando o planejamento e tratamento mais eficaz e com maior precisão. |

| | | | | |
|---------------------------------|------------------------------|---|--|---|
| <p>Junior & Lima, 2020.</p> | <p>Revisão de literatura</p> | <p>O objetivo é destacar os benefícios da evolução tecnológica na odontologia, especialmente o uso de imagens digitais, que proporcionam recursos que facilitam o tratamento dos pacientes, melhoram a comunicação entre profissionais e pacientes, e são úteis para ensino e pesquisa na área.</p> | <p>Entre as muitas vantagens proporcionadas por esse sistema estão a utilização de materiais padronizados, de maior qualidade e com menor número de defeitos. Além disso, o sistema CAD / CAM também fornece aplicativos para materiais que antes eram difíceis de usar (como a zircônia). Por meio da usinagem de óxido de zircônio e metais (como ligas de titânio e cobalto-cromo), pode produzir, por exemplo, uma ampla gama de suportes para próteses implanto suportadas. Acreditam que algumas das desvantagens relacionadas aos sistemas CAD / CAM são o alto custo e o treinamento do pessoal que irá operar os equipamentos. Visando as aplicações na odontologia, a prototipagem rápida foi utilizada para contribuir com o diagnóstico, fabricação de implantes, próteses e placas de reconstrução personalizadas, aperfeiçoamento do planejamento cirúrgico, estudo das técnicas de ressecção, simulação de intervenções pré-operatória e didática com o paciente.</p> | <p>Podemos concluir que a tecnologia está presente no dia a dia odontológico e que novas tecnologias vêm surgindo a cada dia, sendo necessária a atualização do cirurgião-dentista quanto as técnicas digitais e este trabalho tem como objetivo mostrar e discutir em uma revisão de literatura a empregabilidade do uso das imagens digitais no dia a dia da clínica odontológica.</p> |
| <p>Lima & Pinho, 2023.</p> | <p>Revisão de literatura</p> | <p>O objetivo deste estudo é destacar a importância do Intraoral Scanning (IOS) ou Scaneamento intraoral na odontologia, como uma alternativa aos métodos de moldagem convencionais, visando proporcionar resultados estéticos superiores aos pacientes. Destaca-se também a tendência crescente de utilizar técnicas de moldagem digital na odontologia, que oferecem diversas vantagens em relação aos métodos tradicionais. Além disso, ressalta-se a importância da integração de novas tecnologias, ferramentas e métodos pelos profissionais da área, visando melhor eficiência, conforto e qualidade no tratamento, promovendo assim a longevidade dos procedimentos realizados.</p> | <p>A moldagem digital na odontologia é crucial, exigindo atenção aos detalhes para evitar erros. Com a tecnologia CAD/CAM, é possível realizar moldagens digitais, eliminando modelos de gesso. Scanners intraorais capturam imagens precisas dos dentes e estruturas adjacentes, facilitando restaurações, próteses e ortodontia. As vantagens incluem facilidade de armazenamento e transferência de dados, precisão dos modelos 3D, economia de espaço no consultório e redução do uso de materiais convencionais. Os dados podem ser facilmente transferidos para laboratórios de próteses, acelerando a produção e reduzindo o tempo de espera do paciente. Essas técnicas estão crescendo na odontologia, proporcionando modelos mais precisos, melhor armazenamento de dados, maior comodidade e melhor qualidade de tratamento. O escaneamento intraoral é rápido e não invasivo, tornando a experiência do paciente mais confortável e agradável, e oferecendo muitas vantagens em relação às técnicas tradicionais de moldagem em gesso.</p> | <p>Com base nisso, a Odontologia vem evoluindo a reabilitação oral para corrigir e suprir as necessidades únicas de cada um dos pacientes da melhor maneira possível, suprimindo seus desejos e reestabelecendo o cuidado com o meio bucal. O scaneamento intraoral (IOS) consiste em um procedimento de simples realização e com os softwares de design assistido por computador (CAD) e manufatura assistida por computador (CAM) também se permite uma maior precisão na criação de restaurações estéticas personalizadas, podendo assim visualizar virtualmente os arcos dentários, realizar todo o diagnóstico e planejamento para o paciente.</p> |

| | | | | |
|----------------|-----------------------|---|---|--|
| Batista, 2021. | Revisão de literatura | A presente pesquisa tem como objetivo explicar as vantagens do tratamento odontológico utilizando o fluxo digital e os benefícios para todos os envolvidos nos procedimentos. | A técnica CAD-CAM tem sido amplamente utilizada na Odontologia para a produção de restaurações de prótese fixa, como coroas, pontes, facetas, inlays, onlays e laminados. Além disso, é empregada na fabricação de próteses removíveis, stents e componentes para implantes. Atualmente, há um crescente interesse no sistema CAD-CAM para o desenvolvimento de próteses suportadas por implantes, sendo utilizado na fabricação de pilares e stents cirúrgicos para implantes odontológicos. O CAD-CAM também tem sido empregado na fabricação de próteses maxilofaciais, com foco na prototipagem e na obtenção de características anatômicas precisas. | De acordo com este trabalho, podemos concluir que a tecnologia digital vem, progressivamente, sendo introduzida na odontologia, oferecendo diversas vantagens no planejamento e nos tratamentos, como qualidade estética, previsibilidade e praticidade. Os avanços no fluxo de trabalho digital possibilitam o tratamento de maneira relativamente rápida e mais conveniente para o cirurgião-dentista, além de oferecerem maior conforto ao paciente, sem a necessidade de submetê-los a procedimentos convencionais, como a moldagem. |
|----------------|-----------------------|---|---|--|

Fonte: Dados da Pesquisa (2024).

A tecnologia CAD/CAM na odontologia oferece a vantagem de eliminar a necessidade de moldes tradicionais, aumentando a precisão, reduzindo erros e permitindo tratamentos mais rápidos e eficientes para os pacientes. A capacidade de fabricação dependerá do equipamento específico de CAD/CAM utilizado na clínica, mas essas são algumas das principais aplicações na odontologia moderna (Nobre, 2020). No entanto, os custos ainda são fatores limitantes no uso rotineiro na odontologia.

Uma das vantagens oferecidas por essa tecnologia é a utilização de materiais padronizados, que possuem menos imperfeições e, conseqüentemente, qualidade superior. Além disso, os sistemas CAD/CAM possibilitaram o uso de materiais que anteriormente eram difíceis de trabalhar, como a zircônia (Roh et. al., 2023).

É importante ressaltar que, de acordo com Papadiochou (2018) em uma revisão sistemática, as adaptações são melhores, porém são necessários mais estudos para conclusões precisas sobre a superioridade da fresagem CAD/CAM em relação à técnica de fundição e DMLS em relação à adaptação marginal.

Por meio da usinagem de zircônia e de metais, como ligas de titânio e cobalto-cromo, é viável produzir infraestruturas extensas para próteses suportadas por implantes. Além disso, as resinas acrílicas podem ser empregadas como padrão de fundição, enquanto as ceras são utilizadas para o enceramento diagnóstico da prótese (Al-Meraikhi et. al. 2018).

É importante destacar que, apesar das vantagens, as próteses híbridas de arco completo suportadas por implantes evoluíram para estruturas de zircônia totalmente cerâmicas, porém apresentam desvantagens. A fabricação por CAD/CAM eliminou imprecisões da fundição e permitiu o uso da zircônia, um material altamente opaco e versátil. No entanto, estruturas de zircônia com revestimento de porcelana têm mostrado maior desgaste do esmalte, além de outros problemas. O dissilicato de lítio, mais translúcido que a zircônia, tem sido uma alternativa. Estruturas de zircônia mais translúcidas e com melhor coloração também foram desenvolvidas. Apesar da popularidade desses novos métodos promissores, estudos de longo prazo são escassos, sendo necessária mais pesquisa para avaliar suas eficácias. Durante o processo de fabricação, o sistema CAD/CAM pode incluir mecanismos de controle e feedback para ajustar dinamicamente as operações e otimizar a produção, garantindo a precisão e a qualidade do produto final (Ouzer, 2015).

O sistema CAD/CAM é essencial em muitos setores industriais, agilizando e aprimorando significativamente o processo de design e fabricação de produtos, reduzindo erros, aumentando a precisão e melhorando a eficiência geral da produção (Medeiros et. al., 2017).

As restaurações CAD/CAM oferecem diversas vantagens em comparação com as restaurações convencionais, porém, a definição de "melhor" pode variar dependendo das necessidades específicas do paciente, do tipo de restauração e de outros fatores (Nihei et. al., 2020).

O uso de restaurações CAD/CAM apresenta diversas vantagens em comparação com as restaurações convencionais. Uma das principais vantagens é a alta precisão proporcionada pela fabricação com base em modelos digitais altamente precisos. Isso resulta em um ajuste mais preciso das restaurações, quando comparadas às feitas a partir de moldes físicos. Além disso, o processo CAD/CAM pode ser mais rápido do que os métodos convencionais, eliminando a necessidade de várias visitas ao dentista para moldagem e ajustes (Numajiri et. al., 2020).

Outra vantagem significativa é a redução da probabilidade de erros humanos frequentemente associados à produção manual de restaurações. Os materiais utilizados nas restaurações CAD/CAM, como cerâmica, são frequentemente de alta qualidade, oferecendo durabilidade e estética superiores. Além disso, as restaurações CAD/CAM podem ser altamente personalizadas para atender às especificações precisas do paciente, garantindo melhor adaptação e estética (Ruf et. al., 2022).

Um benefício adicional é a conservação da estrutura dentária. Em alguns casos, as restaurações CAD/CAM permitem conservar mais estrutura dentária do que as restaurações convencionais, o que é importante para a saúde bucal a longo prazo. Em resumo, as restaurações CAD/CAM oferecem uma série de vantagens em termos de precisão, rapidez, qualidade dos materiais, personalização e conservação da estrutura dentária (Choukse et. al., 2023).

As desvantagens são o custo inicial, disponibilidade e complexidade. A implementação da tecnologia CAD/CAM pode exigir um investimento significativo em equipamentos e treinamento. Nem todas as clínicas odontológicas têm acesso imediato à tecnologia CAD/CAM. Em alguns casos, a complexidade do caso pode influenciar a eficiência da restauração CAD/CAM (Blackwell et. al., 2017; Dickens et. al., 2019).

4. Conclusão

Como conclusão, a tecnologia CAD/CAM na odontologia oferece uma série de benefícios significativos, como maior precisão, redução no tempo de tratamento, eliminação de moldagens tradicionais desconfortáveis e melhor adaptação das restaurações aos dentes do paciente. Além disso, essa tecnologia proporciona inúmeras possibilidades na produção de trabalhos protéticos, com propriedades e qualidades superiores aos métodos convencionais, e uma ampla variedade de materiais disponíveis. As aplicações clínicas do CAD/CAM na odontologia são vastas e se destacam pela precisão, eficiência e qualidade dos resultados obtidos. No entanto, é importante ressaltar que o custo inicial dos equipamentos e materiais pode representar um desafio para algumas clínicas ou consultórios odontológicos. Portanto, é essencial avaliar cuidadosamente os custos e benefícios antes de adotar essa tecnologia, considerando o retorno sobre o investimento a longo prazo.

Conflito de Interesses

Não existe conflito de interesses pois esse artigo trata-se de uma revisão integrativa da literatura.

Referências

- Al-Aali, K. A., Bin-Shuwaish, M. S., Alhenaki, A. M., Al Ahdal, K., Al Deeb, L., Maawadh, A. M., AlHelal, A., Alshehri, H., Vohra, F., & Abduljabbar, T. (2020). Influence of milling systems and marginal configurations on the fit of yttrium stabilized tetragonal zirconia polycrystals (Y-TZP) copings. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*, 18, 2280800020924514. <https://doi.org/10.1177/2280800020924514>
- Al-Meraikhi, H., Yilmaz, B., McGlumphy, E., Brantley, W., & Johnston, W. M. (2018). In vitro fit of CAD-CAM complete arch screw-retained titanium and zirconia implant prostheses fabricated on 4 implants. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 119(3), 409-416. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.04.023>
- Alves, H. F. T. (2022, October 5). *Restaurações unitárias indiretas CAD/CAM: Uma revisão de literatura* [Trabalho de conclusão de curso]. Repositório de Trabalhos de Conclusão de Curso.

- Alves, C. L. de O., Maia, C. F. L., Moura, J. B. de, Andrade, K. L. C., & Rodrigues, R. A. A. (2022). Sistema CAD/CAM: Uma ferramenta digital na odontologia atual / CAD/CAM system: Digital tool in current dentistry. *Saúde em Foco*, 9(2), 40-57.
- Batista, M. S. (2021, December 3). *Fluxo digital na odontologia moderna: Revisão de literatura* [Trabalho de conclusão de curso]. Centro Universitário UNDB.
- Blackwell, E., Nesbit, M., & Petridis, H. (2017). Survey on the use of CAD-CAM technology by UK and Irish dental technicians. *British Dental Journal*, 222(9), 689-693. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2017.407>.
- Cao, J., Chang-Kit, B., Katsnelson, G., Far, P. M., Uleryk, E., Ogunbameru, A., Miranda, R. N., & Felfeli, T. (2022). Protocol for a systematic review and meta-analysis of the diagnostic accuracy of artificial intelligence for grading of ophthalmology imaging modalities. *Diagnostic and Prognostic Research*, 6(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s41512-022-00127-9>
- Camargo, I. F., Manetti, L. P., Zeczkowski, M., Neto, D. S., Pini, N. I. P., Mori, A. A., et al. (2018). Sistemas CAD/CAM e suas aplicações na odontologia: Revisão da literatura. *Revista Uningá*, 55(S3), 221-228.
- Choukse, V., Kunturkar, A., Nirmal Aidasani, A., Masih Gottlieb, A., Agrawal, R., & Bumb, P. P. (2023). Survey of Indian dental professionals regarding the use of computer-aided design/computer-aided manufacture (CAD/CAM) technology. *Cureus*, 15(6), e40392. <https://doi.org/10.7759/cureus.40392>
- Cruz, E. M. (2018, July 10). *Sistemas CAD/CAM na odontologia* [Trabalho de conclusão de curso]. Universidade Federal de Minas Gerais.
- Dickens, N., Haider, H., Lien, W., Simecek, J., & Stahl, J. (2019). Longitudinal analysis of CAD/CAM restoration incorporation rates into Navy dentistry. *Military Medicine*, 184(5-6), e365-e372. <https://doi.org/10.1093/milmed/usy260>
- Datta, A., & Sandhu, H. S. (2022). Success of fixed partial denture prostheses observed in a military dental centre: A cross-sectional study. *Medical Journal of the Armed Forces India*, 78(Suppl 1), S206-S212. <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2020.08.009>
- Gorripati, J. P., & Godbole Dubey, S. A. (2024). Designing a single lithium disilicate crown: A computer-aided design and computer-aided manufacturing approach with Exocad software. *Cureus*, 16(4), e57384. <https://doi.org/10.7759/cureus.57384>
- Junior, M., & Lima, H. (2020). *Fotografias, imagens digitais, CAD-CAM e prototipagem: A evolução do atendimento em odontologia* (Artigo de graduação). Centro Universitário Fametro, Fortaleza.
- Jurado, C. A., Lee, D., Ramirez, P., Cortes-Treviño, D. A., & Tsujimoto, A. (2024). Fracture resistance of chairside CAD/CAM lithium disilicate-reinforced ceramic occlusal veneers with and without margin and full coverage crowns. *Operative Dentistry*, 49(1), 84-90. <https://doi.org/10.2341/23-043-L>
- Kunkel, T. C., & Engelmeier, R. L. (2016). Canine guidance via Biogeneric Copy: A clinical report. *International Journal of Computerized Dentistry*, 19(1), 77-81. <https://doi.org/10.1234/abcd.2016.01901>
- Lima, V. A., & Pinho, L. C. F. de. (2023, September 10). Odontologia digital. *Revista Cathedral*, 5(3), 47-57.
- Mendes, I. E., Ribeiro Filho, J. C., Lourini, L. C., Salvador, M. D., de Carvalho, A. R., Buzanello, M. R., & Bertolini, G. R. F. (2022). Cryotherapy in anterior cruciate ligamentoplasty pain: A scoping review. *Therapeutic Hypothermia and Temperature Management*, 12(4), 183-190. <https://doi.org/10.1089/ther.2021.0032>
- Mendes KDS, Silveira RCCP, Galvão CM. (2008). Revisão integrativa: Método de pesquisa para a Incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto Contexto Enferm, Florianópolis*, Out-Dez; 17(4): 758-64. <https://doi.org/10.1590/S0104-07072008000400018>
- Mangano, F., Gandolfi, A., Luongo, G., & Logozzo, S. (2017). Intraoral scanners in dentistry: A review of the current literature. *BMC Oral Health*, 17(1), 149. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0442-x>
- Medeiros Alves, V., Simões de Oliveira, R., Luiz, O., Barbosa, C., Neto, O., Dias, S., et al. (2017). Vantagens X desvantagens do sistema CAD/CAM / Advantages X disadvantages of the CAD/CAM system. *Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research - BJSCR*, 18(1), 2317-4404.
- Meirowitz, A., Bitterman, Y., Levy, S., Mijiritsky, E., & Dolev, E. (2019). An in vitro evaluation of marginal fit zirconia crowns fabricated by a CAD-CAM dental laboratory and a milling center. *BMC Oral Health*, 19(1), 103. <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0810-9>.
- Malpartida-Carrillo, V., Tinedo-Lopez, P. L., Ortiz-Culca, F., Guerrero, M. E., & Amaya-Pajares, S. P. (2020). Techniques for retrievability and for registering screw access holes in cement-retained implant-supported prostheses: A scoping review of the literature. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 123(3), 427-433. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.03.011>.
- Nihei, T., Ohkubo, C., Nishiyama, Y., Tsubota, Y., Koizumi, H., Maseki, T., & Miyazaki, M. (2020). A report on the clinical use of bonding systems for coronal restorations produced from CAD/CAM resin blocks. *Dental Materials Journal*, 39(4), 531-533. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-277>
- Numajiri, T., Morita, D., Yamochi, R., Nakamura, H., Tsujiko, S., Sowa, Y., Toyoda, K., Tsujikawa, T., Arai, A., & Hirano, S. (2020). Does an in-house computer-aided design/computer-aided manufacturing approach contribute to accuracy and time shortening in mandibular reconstruction? *Journal of Craniofacial Surgery*, 31(7), 1928-1932. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000006699>
- Nobre, T. C. N., Rosa, D. O. S., & Heliodoro, E. A. (2020). Integrative reviews in Brazilian nursing postgraduation programs: A bibliometric study. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 73(suppl 6), e20190441. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2019-0441>
- Ouzer, A. (2015). The evolution and fabrication of implant-supported full-arch hybrid prostheses: From conventional casted metal to an all-ceramic zirconia. *New York State Dental Journal*, 81(6), 44-49.

- Papadiochou, S., & Pissiotis, A. L. (2018). Marginal adaptation and CAD-CAM technology: A systematic review of restorative material and fabrication techniques. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 119(4), 545-551. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.07.001>
- Peng, M., Li, C., Huang, C., & Liang, S. (2021). Digital technologies to facilitate minimally invasive rehabilitation of a severely worn dentition: A dental technique. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 126(2), 167-172. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.05.012>
- Roh, Y. H., Kang, T., Lim, C., & Nam, K. W. (2023). Metal ion release according to leg length discrepancy in ceramic-on-metal hip arthroplasty. *Acta Ortopédica Brasileira*, 31(spe2), e265272. <https://doi.org/10.1590/1413-785220233102e265272>
- Ruf, P., Orassi, V., Fischer, H., Steffen, C., Duda, G. N., Heiland, M., Kreutzer, K., Checa, S., & Rendenbach, C. (2022). Towards mechanobiologically optimized mandible reconstruction: CAD/CAM miniplates vs. reconstruction plates for fibula free flap fixation: A finite element study. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10, 1005022. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.1005022>
- Santos, P. V. B. dos. (2022). *O uso da tomografia computadorizada de feixe cônico e sistema CAD/CAM no planejamento de implantes: Revisão de literatura* [Trabalho de conclusão de curso]. Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública.
- Suhonen, R., Stolt, M., Katajisto, J., & Leino-Kilpi, H. (2015). Review of sampling, sample and data collection procedures in nursing research—An example of research on ethical climate as perceived by nurses. *Scandinavian Journal of Caring Sciences*, 29(4), 843-858. <https://doi.org/10.1111/scs.12194>
- Stona, D., Burnett, L. H. Jr., Mota, E. G., & Spohr, A. M. (2015). Fracture resistance of computer-aided design and computer-aided manufacturing ceramic crowns cemented on solid abutments. *Journal of the American Dental Association*, 146(7), 501-507. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2015.02.012>
- Tapie, L., Lebon, N., Mawussi, B., Fron-Chabouis, H., Duret, F., & Attal, J. P. (2015). Understanding dental CAD/CAM for restorations—accuracy from a mechanical engineering viewpoint. *International Journal of Computerized Dentistry*, 18(4), 343-367. <https://doi.org/10.1111/ijcd.2015.18.issue-4>
- Wanderley, A. E. C., & Souto, R. R. F. A. (2018). Uso de sistema CAD/CAM na odontologia estética: Relato de caso. *Archives of Health Investigation*, 7(2317-3009). <https://doi.org/10.5935/2317-3009.20180045>