

SISTEMA CAD-CAM: A TECNOLOGIA NA CONFEÇÃO DE PRÓTESES

CAD-CAM System: the technology in the manufacture of prostheses

Isabela Alcântara Farias¹
Ramon Rodrigues de Lima¹
Allany de Oliveira Andrade²
Ana Vitória Leite Luna³
Marcelo Gadelha Vasconcelos⁴
Rodrigo Gadelha Vasconcelos⁴

¹Acadêmicos de Odontologia da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) Campus VIII, Araruna-PB, Brasil.

²Mestranda em clínicas Odontológicas pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) Campus I, Campina Grande/PB, Brasil.

³Cirurgiã dentista pelo curso de Odontologia da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) Campus VIII, Araruna/PB, Brasil.

⁴Professores Doutores efetivo do curso de Odontologia da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) Campus VIII, Araruna/PB, Brasil.

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

RESUMO

Introdução: através da introdução na odontologia do sistema CAD-CAM simplificou-se o sistema de moldagem de próteses, que apresenta uma margem de erro por conter variáveis a serem controladas em relação aos materiais e sua manipulação. **Objetivo:** este artigo aborda o desenvolvimento do sistema CAD-CAM, como também a engenharia, os programas e as diretrizes de seu funcionamento na confecção de próteses dentárias. **Materiais e métodos:** o estudo caracterizou-se por uma pesquisa científica e bibliográfica nas plataformas indexadas nas bases de dados PubMed/Medline, Liliacs e Scielo, incluindo artigos originais e de revisão. Utilizou-se os seguintes descritores: Sistema CAD-CAM, CAD-CAM tecnologia no desenvolvimento de próteses, CAD-CAM system. **Resultados:**

Recebido em: 14/09/2018
Aceito em: 21/12/2018

tecnologia CAD-CAM surgiu para facilitar o planejamento, o designer e a produção de vários projetos. Quando foi introduzida na odontologia trouxe um marco que revolucionou a forma de confeccionar restaurações, incluindo as protéticas. Sendo desenvolvido por várias empresas, está disponível em diferentes sistemas que, no entanto, se resumem no mesmo funcionamento: digitalização, designer e usinagem, no qual se obtém a imagem através de um escaneamento, manipula-se essa imagem em um software e finalmente converte-se essa imagem em um objeto real, como exemplo em: coroas, pontes, facetas, inlays, onlays e laminados. **Conclusão:** tendo em vista que essa tecnologia trouxe melhoria para a odontologia protética, na estética, resistência e durabilidade da restauração produzida, melhora a qualidade da saúde bucal oferecida para o paciente e facilita o trabalho do dentista.

Palavras-chave: Sistema CAD-CAM. Prótese Dentária. Impressão Tridimensional.

ABSTRACT

Introduction: *through the introduction of the CAD-CAM system, the prosthesis molding system has been simplified, which has a margin of error because it contains variables to be controlled in relation to materials and their manipulation.* **Objective:** *this article addresses the development of the CAD-CAM system, as well as the engineering, programs and guidelines of its operation in the manufacture of dental prostheses.* **Methods:** *this study was characterized by a scientific and bibliographic research in the platforms indexed in PubMed/Medline, Lilacs and Scielo databases, including original and review articles. The following descriptors were used: CAD-CAM system, CAD-CAM technology in prosthesis development, CAD-CAM system.* **Results:** *CAD-CAM technology has emerged to facilitate planning, design and production of various projects. When introduced to dentistry brought a landmark that revolutionized the way to make restorations, including prosthetics. Being developed by several companies, it is available in different systems which, however, are summarized in the same operation: digitization, designer and machining, in which the image is obtained through a scan, manipulate that image in a software and finally, this image in a real object, such as: crowns, bridges, facets, inlays, onlays and laminates.* **Conclusion:** *since this technology has brought improvement to the prosthetic dentistry, in*

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

the esthetics, resistance and durability of the restoration produced, improves the quality of oral health offered to the patient and facilitates the work of the dentist.

Keywords: *CAD-CAM system. Dental prosthesis. Three-dimensional printing.*

INTRODUÇÃO

O sistema CAD-CAM, segundo sua terminologia, significa CAD: *computer-aided design* (desenho assistido por computador) e CAM: *computer-aided manufacturing* (manufatura assistida por computador). Essa tecnologia, particularmente estudada pela indústria aeronáutica e automobilística, atualmente encontra diversos campos de atuação, sendo utilizado em vários meios de *design* e produção como forma de simplificar e automatizar processos manuais que exigem habilidade e precisão artesanal, de modo a obter um material de elevada qualidade, diminuindo a possibilidade de erros e aumentando a padronização (CORREIA *et al.*, 2006).

Assim, através da criação do programa e de sua introdução na odontologia, simplifica-se o sistema de moldagem de próteses que apresenta uma margem de erro por conter variáveis a serem controladas em relação aos materiais e sua manipulação: o preenchimento dos moldes, o preparo do modelo, a transferência do modelo para um articulador, o enceramento da infraestrutura, a modelação da parte que será preenchida com o revestimento estético, todas as fases relativas à fundição do material e o acabamento, em geral as fases necessárias para a confecção da prótese, que depende principalmente da habilidade manual do técnico e seu conhecimento em relação ao tratamento (BOTTINO; FARIA; VALANDRO, 2009).

Esse sistema permite o desenho e fabricação robotizada de próteses dentárias, contribuindo para sua otimização ao diminuir tensões associadas justamente à fabricação e formulação da peça (BORDEREAL *et al.*, 2013), minimizando também o tempo gasto para conclusão do trabalho e elevando a produtividade (GUIMARÃES, 2012). Além disso, proporciona uma estética dental mais natural aliada a uma maior resistência que proporciona uma maior segurança no seu uso com avaliações clínicas em longo prazo (MIYASHITA *et al.*, 2014).

No início, quando protótipos desenhados por computador do sistema CAD e fabricados a partir de um programa CAM, foi introduzido na indústria, a geometria das partes ou peças eram bem mais

simples que as geralmente necessárias para Odontologia (GUIMARÃES, 2012). Assim foi necessária uma adaptação dessa tecnologia. Nesse contexto adaptativo o sistema CAD de confecção de prótese dentária passa a designar o desenho da estrutura protética em um computador, regida por escaneamento e anatomização, e o sistema CAM designa sua confecção por uma máquina de fresagem (CORREIA *et al.*, 2006), realizando a conversão de uma estrutura virtual, no caso a prótese, para uma estrutura real, imprimindo em 3 dimensões (CORREIA *et al.*, 2009).

Esse sistema foi introduzido na Odontologia por Bruce Altschuler nos EUA, François Duret na França, Werner Mormann e Marco Brandestini, na Suíça, ao final da década de 70 e início da década de 80 do século passado (CORREIA *et al.*, 2006). A evolução dessa tecnologia partiu de preceitos já desenvolvidos por componentes da computação (*hardware e softwares*) utilizados no *designer* de produção, somados às ciências da medicina dentária. Em 1977, Young e Altschuler apresentaram a ideia de utilizar holografia à *laser* para fazer mapeamento intraoral. Em 1984, François Duret criou o “Sistema Duret” para confecção de coroas unitárias e, de acordo com este autor, as principais vantagens dessa técnica eram diminuir a grande dependência manual na fabricação das restaurações protéticas e, ao mesmo tempo, diminuir os custos. Todavia, o aparelho de Duret era demasiado complexo e dispendioso (CORREIA *et al.*, 2006). Duret iniciou a fabricação de coroas com a ajuda de uma impressão óptica da preparação da boca na qual o projeto foi feito usando movimentos funcionais, e a moagem foi feita em uma fresadora que foi coordenada numericamente (JAIN *et al.*, 2016). Em 1980, Werner Mormann e Marco Brandestini, na Suíça, desenvolveram o CEREC (*Ceramic Reconstruction*) - primeiro sistema a ser comercializado e utilizado de forma viável (CORREIA *et al.*, 2006; BACCHI *et al.*, 2017). Em 1983, a primeira restauração dentária CAD-CAM foi fabricada (JAIN *et al.*, 2016; TORRES *et al.*, 2009). Em setembro de 1985, na Universidade de Zurique, Norman W. adaptou na estrutura dentária uma restauração de cerâmica feita no consultório utilizando a tecnologia CAD/CAM com sistema de CEREC 1, desenvolvendo um sistema de captura de imagens intraoral com a fabricação imediata da restauração totalmente gerenciada por sistema computadorizado e lançado comercialmente no ano de 1985 (GUIMARÃES, 2012).

O desenvolvimento tecnológico das últimas décadas relativas aos sistemas de levantamento de forma das preparações dentárias, do software de desenho virtual (CAD), dos materiais dentários e máquinas de fresagem (CAM) levou à construção de vários sistemas CAD-CAM (CORREIA *et al.*, 2009). A evolução desta tecnologia

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

foi árdua, pois o poder da informática era limitado, a capacidade de armazenamento em gigabyte era impensável, o desenho de estrutura complexo dependia de computadores de alta sofisticação e custo, as máquinas de CAM eram muito grandes e de alta complexidade (GUIMARÃES, 2012).

A evolução da informática trouxe computadores mais eficientes no sentido de processamento, armazenamento de dados e redução de custos, aproximando cada vez mais a tecnologia CAD-CAM da odontologia (GUIMARÃES, 2012). Durante os últimos 20 anos, verificou-se um grande desenvolvimento desse sistema no que diz respeito à leitura das preparações dentárias (óptica, contato e digitalização laser), aos programas de desenho virtual, aos materiais (alumina, a zircônia e o titânio) e à maquinação das restaurações protéticas (CORREIA *et al.*, 2006). Assim o sistema veio evoluindo e consta com mais de 50 anos de desenvolvimento (PÉREZ; VARGAS, 2010). Ganhando cada vez mais espaço no âmbito odontológico, essa forma de tratamento vem sendo praticada em diversos consultórios, sendo registrada nos Estados Unidos o número de 2.5000 dentistas que fazem seu uso, 30 faculdades e uma produção de mais 20 milhões de restaurações (GUIMARÃES, 2012).

Este trabalho destaca o desenvolvimento do sistema CAD-CAM, como também a engenharia, os programas e as diretrizes de seu funcionamento, explicando de forma generalizada e detalhada, de acordo com cada sistema produzido pelas principais empresas mais utilizadas e conceituadas na odontologia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica nas plataformas indexadas nas bases de dados PubMed/Medline, Lilacs e Scielo, incluindo artigos originais e de revisão. Utilizou-se os seguintes descritores: Sistema CAD-CAM, CAD-CAM tecnologia no desenvolvimento de próteses, CAD-CAM system. Foram encontrados artigos em inglês, espanhol e português, dos quais foram selecionados aqueles que se enquadravam no objetivo desejado e apresentavam relevância contextual. No critério utilizado foram selecionados textos que abordavam diretamente o sistema CAD-CAM e explicavam seu surgimento e funcionamento, além de incluir pesquisas sobre sua eficiência e incluiu também artigos que abordavam indiretamente o tema. Assim foram consultados 170 trabalhos, dos quais 47 foram escolhidos. Foram adicionados ainda 2 livros considerados relevantes para este estudo

REVISÃO DE LITERATURA

A tecnologia CAD-CAM tem sido mais utilizada na Odontologia na produção de restaurações de prótese fixa à exemplo de coroas, pontes, facetas, *inlays*, *onlays* e laminados (CORREIA *et al.*, 2006; TORRES *et al.*, 2009). É utilizado também para fabricação de prótese removível, *stents* e componentes do implante. Atualmente, há um maior interesse no sistema CAD-CAM no desenvolvimento de prótese suportada por implante, sendo utilizado para a fabricação de pilares de implantes e *stents* cirúrgicos de implantes odontológicos. O CAD-CAM também tem sido usado para fabricação de prótese maxilofacial empregando o procedimento de prototipagem, facilitando a obtenção de características anatômicas precisas (AERAN *et al.*, 2014).

Várias empresas têm desenvolvido diferentes sistemas CAD-CAM de alta tecnologia (CORREIA; CARDOSO, 2006), porém todos esses sistemas são controlados por computador e consistem em três fases: digitalização, *design* e usinagem (PÉREZ; VARGAS, 2010; JAIN *et al.*, 2016; TORRES *et al.*, 2009).



Figura 1 - Componentes do Sistema CAD-CAM. Unidade de leitura onde será realizada a etapa de digitalização do preparo protético; Software (fase CAD), onde será realizada a etapa de planejamento virtual da restauração e Unidade de processamento (fase CAM), responsável pela produção física da restauração.

Fonte: Blog do CADCAM, 2017.

Digitalização do preparo

De início, depois de realizado o diagnóstico correto, o passo seguinte é o preparo do elemento dental a ser restaurado. Uma boa

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

definição e o acabamento das margens do preparo são essenciais para uma visualização adequada e conseqüente adaptação da restauração (URBANESKI, 2012). Além dos pressupostos habituais referentes à espessura do corte e ao material a utilizar, a estrutura dentária remanescente não pode ter ângulos vivos. As estruturas são executadas em cerâmica, e a presença de ângulos vivos induziria linhas de fratura do material. Além disso, o sistema de maquinação da peça protética, sobretudo a forma da ponta da broca e a sua espessura, não consegue reproduzir ângulos desse tipo. Normalmente, a linha de acabamento ideal nesses sistemas é o chanfro largo ou ombro, com margens nítidas e ângulo interno arredondado (CORREIA *et al.*, 2006). É muito importante não deixar áreas de retenção ou margens irregulares que possam dificultar a captura da imagem do preparo ou interferir na inserção e remoção da restauração (MIYASHITA *et al.*, 2014).

Após o término do preparo, segue-se com a digitalização, que é o método pelo qual o registro tridimensional é obtido da preparação dental (PÉREZ; VARGAS, 2010; SUTAN, 2013) através de uma impressão óptica do modelo utilizando *scanners a laser*, de infravermelho, projeções de feixes de luz, câmeras Charge-Coupled Device (CCD) ou de contato (MIYASHITA *et al.*, 2014). Obtendo uma imagem topográfica de dentes e registros oclusais adjacentes, convertendo o modelo ou até mesmo a arcada dentária do paciente em dados digitais, para obter uma estrutura ou restauração que possa ser projetada no *software*, permitindo a alteração dos parâmetros e morfologia para um *design* onde se terá todo controle possível de adaptação desejado (PÉREZ; VARGAS, 2010; SUTAN, 2013). Os dados escaneados são convertidos em formato *Standard Tessellation Language* (STL), referindo-se a uma imagem de esteriolitografia (um formato padrão de arquivos tridimensionais criado para ser reconhecido pela maioria dos *softwares* CAD) (AERAN *et al.*, 2014).

O escaneamento é uma técnica de digitalização de objetos reais a partir de imagens geradas pela captação do reflexo da luz ou por contato físico (MIYASHITA *et al.*, 2014). O escaneamento pode ser feito de duas maneiras: fora da cavidade oral, geralmente usando um método de varredura *a laser* sobre o modelo de gesso (troquel), ou dentro da cavidade oral, por um sistema de digitalização intraoral (CORREIA *et al.*, 2006). Atualmente, cinco diferentes *scanners* intraorais estão disponíveis no mercado (LAVA Cos /3M ESPE/ itero, cadente/ direta Scan/ Dica-ELS, Bluecam/ Sirona, E4D/D4D) (URBANESKI, 2012). Embora sejam de aplicação mais prática e mais rápida, os sistemas de digitalização intraoral ainda não permitem obter imagens suficientemente precisas das relações espaciais,

especialmente quando estão envolvidos vários dentes na reabilitação protética, os métodos extraorais são preferíveis. Todavia, esses métodos apresentam algumas desvantagens, tais como o tempo dispendido e o fato de exigirem uma impressão da preparação dentária, o que também introduz fatores de erro nesse processo (CORREIA *et al.*, 2006). No entanto, apresenta alta precisão, melhor adaptação das infraestruturas confeccionadas (BACCHI *et al.*, 2017) e facilita a localização da margem gengival para obtenção da linha de terminação cervical, prevenindo a invasão do espaço biológico (MIYASHITA *et al.*, 2014).

Atualmente existem dois tipos de sistemas que são classificados de acordo com a disponibilidade de ceder os arquivos que contêm os dados realizados pelo escaneamento: sistemas fechados e sistemas abertos. A vantagem de um sistema aberto é a possibilidade de poder escolher o sistema CAM mais adequado aos propósitos, pois é possível transmitir o arquivo CAD para outro computador. Os sistemas CAD-CAM fechados oferecem todo o sistema de produção (CORREIA *et al.*, 2006; MIYASHITA *et al.*, 2014).

Dependendo do sistema, existem dois tipos de *scanner*: o mecânico e o óptico. No *scanner* óptico se obtém os dados tridimensionais a partir de um processo chamado triangulação ativa, procedimento pelo qual o sensor do *scanner* captura a informação. É gerada uma luz no alvo que se deseja digitalizar, essa luz é projetada para que o sensor do *scanner* obtenha a informação dependendo do ângulo de projeção e do padrão de sombra que se forma. O receptor do *scanner* registra a mudança das linhas geradas e o computador calcula a profundidade correspondente. A escala de profundidade neste procedimento depende do ângulo de triangulação. Assim, o computador pode calcular os dados tridimensionais da imagem obtida do receptor. As fontes de iluminação podem ser: projeção de luz branca ou *laser*, dependendo do sistema. O *scanner* mecânico utiliza a impressão convencional de preparações dentárias, onde um modelo mestre é lido por um sensor ou bola de safira que usa diâmetros diferentes de acordo com o caso. O registro da superfície de gesso com este método pode ser afetado pela geometria do objeto, irregularidades e tamanho do sensor. No entanto, o modelo de preparação dentária é percorrido mecanicamente e lido linha a linha pela safira, que passa pela estrutura a cada 200 μm em cada ângulo de rotação. A informação é transmitida ao programa tornando-se uma imagem tridimensional. Em média, uma preparação requer 50.000 leituras para uma digitalização exata que pode variar $\pm 10 \mu\text{m}$. Este tipo de *scanner* destaca-se pela sua alta precisão quando as imagens obtidas são comparadas com padrões exatos. Ambos os *scanners*, óptico e

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

mecânico, apresentaram uma precisão similar com discrepância de apenas $\pm 6 \mu\text{m}$ (PÉREZ; VARGAS, 2010; SUTAN, 2013).

Design - desenho assistido por computador ou planejamento virtual da restauração (fase CAD)

Uma vez obtida a imagem, essa é armazenada no sistema e a preparação dentária tridimensional é introduzida em um programa específico para o seu *design*, onde o operador pode desenhar de forma virtual a estrutura protética de forma a realizar o planejamento (CORREIA *et al.*, 2006). Uma vez detectada a linha de terminação cervical e a configuração das estruturas, é possível determinar a anatomia dental, as dimensões dos pânticos, os pilares e os conectores da restauração em processo (PÉREZ; VARGAS, 2010). Eventualmente e, se necessário, pode ser realizado um enceramento, que é posteriormente digitalizado e tratado pelo *software*. Nessa fase, definem-se as linhas de acabamento, o espaçamento e a espessura da restauração a ser realizada pelo sistema CAM. Apesar da evolução dos programas de desenho das restaurações protéticas para uma concepção mais facilitada, sobretudo pela introdução do 3D e das bases de dados de estruturas protéticas, presume-se que o operador tenha alguns conhecimentos sobre informática (CORREIA *et al.*, 2006). É possível projetar de restaurações parciais até coroas individuais, estruturas de várias unidades e superestruturas, dependendo do material e do sistema (PÉREZ; VARGAS, 2010).

O programa sugere as restaurações por meio de duas técnicas de desenho: a partir de um banco de dados de anatomias dentais ou via técnica de correlação onde se leva em conta imagens obtidas antes do preparo pela impressão óptica da superfície oclusal dos dentes ou pela impressão óptica de um enceramento, por exemplo. Outra característica interessante é a possibilidade de, durante o desenho, considerar os dentes antagonistas e restaurações. Eles podem ser digitalizados pela simples impressão óptica de um registro de mordida. Isso permite um bom ajuste dos contornos oclusais (URBANESKI, 2012).

Usinagem ou produção física da restauração (fase CAM)

Máquinas ou tornos controlados por computadores realizam os procedimentos de usinagem com alta precisão a partir de uma lis-

ta de movimentos escrita em um código específico, que permite o controle simultâneo de vários eixos para corte do material selecionado de forma totalmente automatizada (MIYASHITA *et al.*, 2014). Assim, um robô controlado sistematicamente é o responsável por processar os dados da digitalização e transformar a informação de *design* na estrutura protética, isto é conseguido através da escultura dos blocos que podem ser de diferentes materiais (PÉREZ; VARGAS, 2010). A usinagem com CAM pode ser classificada como: industrial; laboratorial e clínica. Os tornos laboratoriais e clínicos são normalmente menores, já os industriais são maiores, com maior custo e são geralmente de grandes empresas de usinagem. Assim, o processo clínico pode desenvolver todos os procedimentos envolvidos (MIYASHITA *et al.*, 2014), como ocorre na maioria dos desenhos protéticos utilizados que podem ser planejados virtualmente em menos de 5 minutos e usinados em menos de 10 minutos (NUNES, 2012) ou podem envolver apenas parte do procedimento com envio da imagem obtida pelo escaneamento para centrais de fresagem via internet (MIYASHITA *et al.*, 2014).

Os materiais utilizados para a fresagem da estrutura protética são blocos pré-fabricados dos seguintes materiais: cerâmica de vidro reforçada com leucita, alumina reforçada com vidro, alumina densamente sintetizada, Y-TZP Zircônia (Yttrium-tetragonal zirconia polycrystal) com sinterização (parcial ou total), titânio, ligas preciosas, ligas não-preciosas e acrílicos de resistência reforçada (CORREIA *et al.*, 2006).

Os blocos pré-fabricados são acoplados às fresadoras para usinagem das peças através de redução seletiva com brocas ou pontas diamantadas. Os blocos devem permitir a usinagem de forma rápida, ou em tempo viável para o uso clínico no consultório odontológico, e também suportar os efeitos da fresagem. São fabricados sob condições ideais, de composição homogênea, de material único e de forma densa, resultando em materiais biocompatíveis, duráveis, com baixa taxa de fraturas e de alta qualidade por se tratar de materiais sem porosidades e imperfeições internas (NUNES, 2012).

Devido ao aumento da demanda por restaurações mais estéticas, novos materiais cerâmicos têm sido recentemente introduzidos, desde que esses revelaram-se hostis aos processamentos convencionais. Novas e sofisticadas tecnologias de processamento e sistemas foram introduzidas na odontologia, a exemplo do sistema CAD/CAM (URBANESKI, 2012), permitindo-se a utilização de materiais muito resistentes, como a zircônia que, quanto à fabricação manual, é bastante limitada. Atualmente, a zircônia é a cerâmica mais resistente disponível para utilização em Odontologia. Esse material tem

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

o potencial de permitir a construção de pontes em setores de altas tensões, por exemplo em zonas mais posteriores da boca, pois revela uma resistência à fratura muito alta, três a quatro vezes superior à maior carga mastigatória (CORREIA *et al.*, 2006).

Com o desenvolvimento de novos materiais restauradores com alta resistência e propriedades estéticas, tais como a zircônia, técnicas de laboratório têm sido desenvolvidas nas quais modelos mestres obtidos através de moldagens com materiais elásticos são digitalmente escaneados para criar modelos estereolíticos (prototipagens), sobre os quais as restaurações são realizadas (URBANESKI, 2012).

Depois de selecionado o material, os blocos pré-fabricados são, então, submetidos a um processamento, usando métodos de subtração (que remove material de um bloco de partida para obter a forma desejada) ou usando métodos aditivos usados na prototipagem rápida. Nos métodos aditivos o processamento tira as informações de um arquivo CAD que é então convertido em um arquivo de estereolitografia (STL). O desenho feito neste processo é aproximado por triângulos e fatias que fornecem a informação de cada camada que será impressa. A maioria dos métodos de usinagem são subtrativas, ou também chamados de usinagem, tais como como fresagem, torneamento ou perfuração, usa com cuidado movimentos planejados da ferramenta para cortar material de uma peça de trabalho para formar o objeto desejado (JAIN *et al.*, 2016; TORRES *et al.*, 2009). A restauração final é cortada de um bloco pré-formado de material restaurador em uma câmara de moagem (SUTAN, 2013).

A fresagem é feita segundo o número de eixos (3 a 6 eixos), dependendo do sistema em questão (CORREIA *et al.*, 2006), quanto mais eixos possíveis, maior complexidade da usinagem. Porém, a qualidade das restaurações não depende exclusivamente do número de eixos em que a máquina pode processar o *design*. A qualidade da usinagem depende da digitalização, processo de informação e produção (PÉREZ; VARGAS, 2010). A fresagem com precisão milimétrica garante o assentamento perfeito sobre o preparo ou sobre a conexão protética. Os dispositivos são classificados de acordo com o número de eixos de fresagem:

Equipamento de três eixos: tem movimento em três direções espaciais (X, Y e Z), cada eixo traduz-se em um valor que gerará os movimentos de moagem necessários para obter a restauração projetada. Nesses equipamentos os movimentos de fresamento não serão feitos em eixos divergentes ou convergentes. O equipamento de três eixos usa todas as áreas dentárias e pode girar a um padrão de usinagem de 180 ° no transcurso do processo internamente e

externamente. Tem a vantagem de desgastar menos os equipamentos e ter um tempo de processamento mais curto. Exemplo destes equipamentos são os Inlab (Sirona, Bensheim, Alemanha), Lava (3M ESPE) e Cercon Brain (DeguDent). Equipamento de 4 eixos: adicional ao X, Y e Z, esses equipamentos possuem uma ponte de tensão (eixo A), isto é, sobre o qual o material cerâmico que é necessário é suportado, onde o componente pode ser girado com variabilidade infinita e como resultado é possível ajustar a ponte de tensão em que o fuso de fresamento está apoiado, alcançando um maior deslocamento vertical e, assim, o material é salvo a tempo do processamento, exemplo desse equipamento: Zeno (Wieland-Imes). Equipamentos de 5 eixos: além dos três eixos espaciais (X, Y, Z) e a rotação da ponte de tensão (A), há equipamentos com os quais é possível que o fuso de usinagem também rotacione, gerando outro eixo de rotação (B). Isso permite geometrias complexas da máquina com subsecções como estruturas de ponte fixas com vários pânticos, pilares e estruturas anatômicas. Exemplo deste sistema é o Kavo Everest (Biberach, Alemanha) (PÉREZ; VARGAS, 2010; SUNTAN, 2013).

As duas primeiras partes do sistema, digitalização e *design*, desempenham funções na fase CAD, enquanto a terceira parte (usinagem) compõe a fase CAM (SUTAN, 2013). Para terminar a estrutura são requeridos, além da prova de inserção, o polimento e a individualização das estruturas com cerâmica cosmética (CORREIA *et al.*, 2006). Como mencionado, atualmente há diversas opções de materiais para uso em sistemas de CAD/CAM e, de acordo com sua composição, requerem abrasivos e técnicas diferentes para seus procedimentos de acabamento e polimento. Após esta etapa, e de acordo com a indicação do fabricante, pode ser realizada uma etapa de encobrimento da superfície da peça com uma camada vítrea adicional (glazeamento) que lhe confere brilho. Este *glaze* pode ser realizado no próprio consultório odontológico em um forno específico ou em laboratórios protéticos. Em ambos devem ser respeitadas as condições referidas pelos fabricantes, principalmente quanto à temperatura e aos tempos de aquecimento e resfriamento dos materiais cerâmicos. Devido à fabricação de blocos densos e sem porosidades internas, não há a exigência da realização da etapa de *glaze* para cerâmicas vítreas (feldspática) e vítreas carregadas (leucita). Um dos grandes benefícios deste procedimento é a sua realização em cerâmicas pó/líquido ou por injeção, técnicas estas em que o molhamento da superfície do modelo ou do refratário de inclusão é crucial para o desempenho do trabalho. Nesses dois métodos convencionais de confecção protética há uma possível propagação de trincas na

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

estrutura interna da restauração (o glaze imperativo), a fim de reduzir estes acontecimentos e, possivelmente, melhorar o uso clínico do material (NUNES, 2012).

Porém, os materiais poliméricos não podem ser submetidos às etapas semelhantes a essas. Em razão de sua composição orgânica, não suportam temperaturas elevadas como as indicadas para o glazeamento. Nestes materiais, apenas o procedimento de polimento mecânico é indicado, mantendo as propriedades dos polímeros (PMMA) (NUNES, 2012).

Sistemas CAD-CAM

Existem diversos sistemas em uso no mundo e vários equipamentos em desenvolvimento, os principais sistemas usados atualmente são: CEREC SYSTEM 3 (Sirona), LAVA SISTEMA (3M), PROCERA SYSTEM (Nobel Biocare), SISTEMA EVEREST (KAVO) (PÉREZ; VARGAS, 2010; JAIN *et al.*, 2016; TORRES *et al.*, 2009).

CEREC

A denominação CEREC vem de *ceramic construction* (reconstrução cerâmica), embora a própria empresa fabricante utilize-a como acrônimo de *chairside Economical restoration of Esthetic ceramics* (restauração econômica de cerâmicas estéticas realizadas em consultório) (URBANESKI, 2012). Esse sistema foi desenvolvido na Universidade de Zurique, sendo o primeiro sistema CAD-CAM a alcançar êxito clínico e comercial. Por esse sistema é efetuada uma leitura óptica sem contato com a preparação dentária. O método de medição utilizado é o da triangulação ativa, com uma resolução de 25 μm (CORREIA *et al.*, 2006). O conceito em que a intersecção de três feixes de luz linear é concentrada em um ponto particular no espaço é conhecido como triangulação da luz. As superfícies com diferentes dispersões de luz diminuem a precisão. Como resultado, é necessário o uso de um revestimento em pó de dióxido de titânio opaco para aumentar a precisão de varredura (SUTAN, 2013). A imagem 3D gerada é então transferida para um computador, no qual o programa CAD do sistema permite realizar o desenho da estrutura. A linha de acabamento é detectada automaticamente, podendo ser modificada também de forma manual e, posteriormente, executada na máquina de fresagem do mesmo sistema (CAM) (CORREIA *et al.*, 2006; URBANESKI, 2012).

O sistema permite a produção de coifas, incrustações, coroas parciais, facetas, coroas totais, restaurações do tipo *inlay* e *onlay* para regiões anteriores e posteriores, numa única sessão. Na realidade, esse é o único sistema que apresenta uma versão para utilização na clínica (CEREC *Chairside*), o que o torna muito prático, dispensando a necessidade de trabalho com o laboratório bem como de etapas de moldagem já que utiliza um *scanner* intraoral capaz de capturar a imagem do preparo dentário diretamente na boca do paciente, podendo traduzir-se também em certa economia financeira (CORREIA *et al.*, 2006; MIYASHITA *et al.*, 2014), assim todas as fases podem ser realizadas em consultório e executadas diretamente pelo dentista, realizando restaurações estéticas em uma única sessão (BOTTINO; FARIA; VALANDRO, 2009).

O CEREC I revolucionou a Odontologia, porém apresentava muitas limitações gráficas. A segunda geração do sistema foi o CEREC II que introduziu modificações externas e internas, possibilitando ao profissional desenhar e fresar uma anatomia oclusal extrapolando os dados fornecidos pelo remanescente dental e dentes adjacentes, formando uma superfície oclusal semelhante à pré-existente na dentição hígida ou desenhando e confeccionando uma superfície oclusal compatível com a trajetória funcional do paciente. Já sua terceira geração, o CEREC III, recebeu novas tecnologias computacionais, que lhe forneceu melhor desempenho operacional, com resultados rápidos e de fácil utilização pelo operador, o que significou menor tempo para desenhar o contorno da restauração, armazenagem de dados e construção da superfície oclusal. Para os autores, o elemento chave nesta nova tecnologia é a captura óptica por infravermelho, onde a captura da imagem é feita através do *scanner* topográfico, produzindo um sinal elétrico e gerando dados em três dimensões na tela do computador (BACCHI *et al.*, 2017).

O CEREC InLab, desenvolvido em 2000, é um sistema de laboratório pelo qual o modelo de gesso da preparação dentária é submetido a uma digitalização a *laser* (Cerec Scan) ou óptica (inEOS), sendo depois desenhada a infraestrutura no computador (CAD) e posteriormente executada a maquinação do bloco de cerâmica. Ele é o único CEREC que permite a utilização de blocos cerâmicos para a confecção de *copings* em zircônia (com 0,3 mm de espessura). Depois de preparada e verificada a infraestrutura, o laboratório completa-a com cerâmica cosmética (CORREIA *et al.*, 2006; MIYASHITA *et al.*, 2014).

O sistema CEREC mais predominante é o produto da quarta geração, o CEREC AC BlueCam, ele grava imagens usando uma luz azul visível emitida a partir de um LED azul diodo como fonte de luz, tem capacidade de capturar um quadrante de impressão digital den-

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

tro de 1 minuto e o antagonista em alguns segundos, o que permite ao clínico preparar vários dentes no mesmo quadrante, criando um elenco virtual para esse quadrante (JAIN *et al.*, 2016; SUTAN, 2013; MIYASHITA *et al.*, 2014). O mais novo sistema CEREC, CEREC AC Omnicam, foi comercializado em 2012. Sua tecnologia de imagem é contínua, captura e gera modelos 3D, permite o escaneamento das estruturas dos dentes naturais e da gengiva marginal sem uso do pó para contraste. Enquanto o BlueCam pode ser aplicado a um único dente, bem como a um quadrante, o Omnicam pode ser usado para um único dente, quadrante ou um arco inteiro (SUTAN, 2013).

O CEREC Biogénico é o primeiro método capaz de reconstruir a morfologia oclusal sem o auxílio de um banco de dados; o programa é capaz, a partir de um único dente intacto, extrapolar e criar a morfologia natural dos outros dentes (MIYASHITA *et al.*, 2014).

Estima-se que o CEREC produziu cerca de 20 milhões de restaurações desde sua produção, onde achados clínicos apontaram um sucesso de 97% após 5 anos e 90% após 10 anos (FERREIRA *et al.*, 2014).

PROCERA

O Dr. Andersson, em 1987, desenhou o sistema Procera. Ele produziu a fabricação de *copings* de titânio por erosão e por faísca, introduzindo a tecnologia CAD / CAM para o processamento de restaurações de folheado composto (JAIN *et al.*, 2016; AERAN *et al.*, 2014). Este sistema foi usado em todo o mundo para a fabricação de cerâmicas totalmente cerâmica, *frameworks*, por muito tempo. O atual sistema Procera desenvolvido pela Nobel Pharma Inc., Goteborg, Suécia, usa um sistema de cópia e fabricação com um pantógrafo e usinagem de descarga elétrica. O estilete do pantógrafo lê o dado e as formas de cera e essas formas são depois usinadas em uma fresadora para produzir eletrodos com essas formas. Esses eletrodos são utilizados para a produção da restauração final através da usinagem de descarga elétrica (AERAN *et al.*, 2014).

Até ao momento, o sistema Procera/AllCeram produziu mais de 5 milhões de unidades protéticas, revelando-se, assim, como um dos sistemas CAD/CAM de maior êxito (CORREIA *et al.*, 2006). Ele é o pioneiro na produção de infraestruturas para coroas e pontes (URBANESKI, 2012), desenvolvendo uma produção industrial de *inlay*, *onlay*, facetas e coroas de cerâmica pura unitárias ou próteses parciais fixas. Foi o primeiro sistema CAD/CAM utilizado na implantodontia (MIYASHITA *et al.*, 2014). O desenho em computador

é obtido através da leitura de toda a superfície de um troquel, em gesso, por uma ponta de rubi de um *scanner* ligado a um computador (VELOSO, 2008). O *scanner* também pode ser constituído por cristais de safira, por onde passa a luz *laser* que contacta a superfície do troquel conforme ele gira, realizando a leitura de toda a sua periferia, desde o bordo cervical até a porção oclusal-incisal (MIYASHITA *et al.*, 2014; COUTINHO; DIAS, 2006). Assim a “ponta digitalizadora” exerce uma pressão pequena de 20 g sobre o modelo de modo a garantir um contato preciso. Apesar de serem efetuadas 50.000 leituras numa só preparação por esse procedimento, o processo demora aproximadamente 30 segundos (CORREIA *et al.*, 2006). Existem dois tipos de unidades digitalizadoras: o Procera Piccolo, mais compacto e com menor custo, indicado para infraestruturas de coroas unitárias e facetas, e o Procera Forte, que possibilita todas as funções da versão Piccolo, além da digitalização de modelos com o objetivo de produzir infraestruturas para pontes (URBANESKI, 2012).

A imagem digitalizada (3D CAD) é então enviada para uma central de processamento Procera (Suécia – Karlskoga e Estocolmo; E.U.A. - Nova Jersey; Japão e Canadá) por meio de uma ligação por modem (CORREIA, *et al.*, 2006). Esse sistema utiliza uma linha de comunicação via internet e as restaurações são produzidas individualmente por robôs em estações de produção Procera (VELOSO, 2008). Nesta central, são efetuadas réplicas do modelo de gesso mais alargadas, de modo a compensar a contração da cerâmica que ocorre na sua sinterização. Apesar da elevada dificuldade técnica deste último procedimento, uma adaptação marginal das coroas Procera com espaçamento entre 54 µm e 64 µm está dentro dos parâmetros clinicamente aceitáveis. As coifas podem então ser produzidas em alumina de alta pureza (0,4 mm de espessura nos casos que exijam uma estética apurada ou 0,6 mm nas restantes indicações) ou em zircônia (0,7 mm quando necessária uma maior resistência do material). Em 48 horas, a coifa está de volta ao laboratório para se proceder à colocação da cerâmica (CORREIA, *et al.*, 2006).

A resistência dos materiais utilizados atinge valores altos que, no caso da alumina, são de 687 MPa e, da zircônia de 1.200 Mpa. A preparação dentária exige também uma técnica apropriada, com a execução de linhas de acabamento cervical em chanfro largo, altura cérvico-oclusal do coto de 3 mm e pânticos inferiores a 11 mm, quando em alumina (CORREIA, *et al.*, 2006).

O sistema Procera provê excelente translucidez natural, resistência e durabilidade (URBANESKI, 2012). Ele é pioneiro em prótese sobre implante e foi, durante muitos anos, o único compatível com os mais variados sistemas de implantes e suas plataformas.

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

Muito conhecido na implantodontia, o *procera implant bridge* é um exemplo clássico de subestrutura usinada capaz de reabilitar uma arcada inteira em peça única devido à tecnologia de escaneamento que capta a imagem com dimensões reproduzidas de maneira segura (MIYASHITA *et al.*, 2014).

LAVA

O sistema LAVA foi introduzido no mercado em 2002, tendo a capacidade de produzir restaurações em cerâmica pura e visando a reabilitação protética de toda a cavidade oral (VELOSO, 2008). Ele tem sido usado para fabricação de estruturas de zircônia em todas as restaurações cerâmicas. O sistema utiliza cristais de poliéster de zircônia tetragonal estabilizados por ítria (YTZP) que tem uma maior resistência à fratura do que a cerâmica convencional, unindo biocompatibilidade e ótima qualidade física química, traduzindo-se clinicamente em uma resistência mecânica compatível às cargas mastigatórias, e usa um sistema óptico a laser para digitalizar e transferir a informação recebida do preparo (JAIN *et al.*, 2016; AERAN *et al.*, 2014; BOTTINO; FARIA; VALANDRO, 2009). O *scanner* óptico trabalha com a utilização de uma câmera interna com leitura tridimensional. O sistema permite o escaneamento da arcada antagonista e a reprodução da relação intermaxilar (BOTTINO; FARIA; VALANDRO, 2009).

O CAD/CAM Lava utiliza bloco de zircônia pré-sinterizado que sofre uma abordagem de usinagem verde, enquanto o sistema DIGI-DENT utiliza bloco de zircônia HIP que é moído a partir da sua total sinterização. Embora todos estes materiais tenham a mesma composição química, existem diferenças na força e translucidez (URBANESKI, 2012).

Esse sistema possibilita a fabricação de coroas e pontes de cerâmica anteriores e posteriores. A linha de acabamento cervical das preparações dentárias pode ser em chanfro ou ombro com ângulo interno arredondado. Nesse sistema, as várias linhas de acabamento das preparações dentárias e a crista edêntula são digitalizadas por um *laser* óptico que transmite as imagens para um computador, no qual o programa de desenho assistido do sistema determina automaticamente as linhas de acabamento e sugere os pônticos. Devido à contração da cerâmica durante a sua sinterização, tal como descrito no sistema Procera, as infraestruturas são desenhadas com um aumento de 20% no seu volume. Posteriormente, são utilizados os blocos de zircônia pré-sinterizada na fresagem, observando-se que

o sistema é capaz de produzir até 21 coifas ou estruturas de pontes sem qualquer intervenção manual (CORREIA *et al.*, 2006). Devido ao processamento diferenciado da cerâmica e à alta qualidade final, a espessura do *coping* pode ser de 0,3 mm permitindo uma ótima qualidade estética em regiões anteriores, reproduzindo as características ópticas da dentina do paciente, e preservando mais estrutura dentária (MIYASHITA *et al.*, 2014). A pigmentação por ionização também traz grandes benefícios, os blocos de zircônia utilizados podem ser coloridos com sete tons de matiz da escala Vita Classic, previamente à sinterização final, o que pode conferir altos níveis estéticos (URBANESKI, 2012; MIYASHITA *et al.*, 2014).

EVEREST

É um sistema que inclui uma máquina de digitalização, um *software* CAD, uma máquina de fresagem e um forno para sinterizar a cerâmica (CORREIA *et al.*, 2006). Os destaques do sistema são a unidade de usinagem com cinco eixos e grande variedade de materiais disponíveis: cerâmica vítrea reforçada por leucina, cerâmicas vítreas a base de dissilicato de lítio, dióxido de zircônio de pré-sinterização final, titânio, resina para confecção de elementos provisórios e resina para padrões de fundição (URBANESKI, 2012). A digitalização Everest (Kavo, Alemanha) tem uma precisão de 1:1 que registra a geometria de um modelo retirado de preparações dentárias com uma câmera CCD (sigla de chargecoupled dispositivo: ‘dispositivo de carga [elétrico] interligado’) com uma resolução de 1.392 x 1.040 pixels com um processo topométrico em 3D e uma amplitude do campo de medição 60 x 80 mm, criada através de 15 sequências de projeção. A casa comercial relata uma precisão de sistema extremamente alto (menos de 20 µm de adaptação). Os dados de digitalização são tomados para o programa “surface” de Kavo para detectar automaticamente a margem de preparação e a superfície, extrapolando-os aritmeticamente. Uma vez projetada, a estrutura com indicações precisas passa os dados para uma fresadora, o Everest Engine (Kavo, Alemanha) que, através de cinco eixos de processamento simultâneo permitem a moagem de até 28 unidades e estruturas (PÉREZ; VARGAS, 2010). A máquina de fresagem permite a confecção de estruturas com dimensão máxima de 45 mm. A fresagem das estruturas pode demorar de 2 a 4 horas para a coroa no caso de zircônia dura, e cerca de 20 minutos no caso da zircônia mole, com posterior sinterização de 8 horas (CORREIA *et al.*, 2006).

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

Uma vez mecanizada, a estrutura é sinterizada no Everest Therm (Kavo, Alemanha), completamente automático, que garante uma sinterização completa do material. Esse sistema é indicado para coroas copos parciais, completos, coroas e estruturas completas de até 14 unidades, dependendo da geometria (PÉREZ; VARGAS, 2010).

Recentemente, a marca passou a disponibilizar nos seus blocos de zircônia ZS-Blanks a possibilidade de serem coloridos com cinco cores da escala VITA, o que aumenta sobremaneira o seu potencial estético (CORREIA *et al.*, 2006).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A odontologia vem avançando cada vez mais, procurando favorecer o trabalho dos cirurgiões dentistas e propiciar mais qualidade às restaurações em busca da otimização da estética, da função e durabilidade das mesmas, assim, a tecnologia vem tomando espaço também no âmbito odontológico. Nesse contexto, o desenvolvimento do sistema CAD-CAM já está com mais de 50 anos de história, oferecendo ao cirurgião dentista uma produção que pode ser planejada e executada em um programa de computador, facilitando seu trabalho, e oferecendo ao paciente uma restauração rápida, duradora, eficiente, estética e resistente, já que possibilita a utilização de materiais muito resistentes, a exemplo da zircônia, que oferece limites na produção convencional.

REFERENCIAS

- AERAN, H. *et al.* Computer Aided Designing-Computer Aided Milling in Prosthodontics: A Promising Technology for Future. **IJSS Case Report & Reviews**, Moradabad, v.1, n.1, p.23-27, mai. 2014.
- BACCHI, A. *et al.* Precisão dos sistemas CAD/CAM em restaurações unitárias: revisão de literatura. **Prosthesis Laboratory in Science**, São José dos Pinhais, v.3, n.10, p.133-139, agost. 2014.
- BOTTINO, M. A.; FARIA, R.; VALANDRO, L. F. **Percepção: estética em próteses livres de metal em dentes naturais e implantes**. São Paulo: Editora Artes Médicas Ltda, 2009.
- BODEREAL, E. F.; BESSONE, L.; CABANILLAS, G. Aesthetic All-ceramic Restorations: CAD-CAM System. **International Journal of Odontostomatology**, Córdoba, v.7, n.1, p.139-147, jan. 2013.
- CORREIA, A. R. M. *et al.* CAD-CAM: a informática a serviço da prótese fixa, **Rev Odontol UNESP**, Araraquara, v.35, n.2, p.183-89, 2006.
- CORREIA, A. *et al.* Sistema CAD-CAM em medicina dentária: integração com métodos de análise de tensões. **Revista da Associação Portuguesa de Análise Experimental de Tensões-Mecânica Experimental**, Lisboa, v.20, p.131-134, 2012.
- FERREIRA, Y. F. *et al.* Sistema CAD/CAM: características e inovações na recuperação do sorriso. **Revista Digital**, Buenos Aires, n.197, out. 2014. <Disponível em: <http://www.efdeportes.com/>>.
- GUIMARÃES, M. M. **Tecnologia CEREC na Odontologia**. 2012. 127 f. Monografia (Especialização em Dentística) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- JAIN, R. *et al.* CAD-CAM the future of digital dentistry: a review. **Annals of Prosthodontics & Restorative Dentistry**, New Delhi, v.2, n.2, p.33-36, jun. 2016.
- MIYASHITA, E. *et al.* **Reabilitação oral contemporânea baseada em evidências científicas**. São Paulo: Nova Odessa, 2014.
- NUNES, S. L. **Efeitos da usinagem e de procedimentos pós-usinagem na superfície de materiais odontológicos para CAD/CAM**. 2016. 67 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. **SALUSVITA**, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

FARIAS, Isabela Alcântara *et al.* Sistema CAD-CAM: a tecnologia na confecção de próteses. *SALUSVITA*, Bauru, v. 37, n. 4, p. 963-983, 2018.

PÉREZ, C. C.; VARGAS, J. A. D. Cerámicas y sistemas para restauraciones CAD-CAM: una revisión. **Revista De La Facultad De Odontologia Universidad De Antioquia**, Antioquia, v.22, n.1, p. 88-108, dez. 2010.

SULTAN, D. **Evaluation of CAD/CAM generated ceramic post & core**. 2013. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Odontológicas), University of Pittsburgh School of Dental Medicine, Pittsburgh, 2016.

TORRES, M. A. F. *et al.* CAD / CAM dental systems in implant dentistry: Update. **Medicina Oral, Patologia Oral y Cirugia Bucal**, Madrid, v. 14, n.3, p.141-5, mar. 2009.

URBANESKI, P. **Sistema CAD-CAM: uma realidade na odontologia**.2012. 36 f. Monografia (Graduação em Odontologia) – Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2012.

VELOSO, E. G. **Sistema CEREC Chairside**. 2008. 62 f. Monografia (Graduação em Medicina Dentária) – Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2008.

