

FACULDADE SETE LAGOAS - FACSETE

Weslany Carvalho de Sousa

SISTEMAS CAD/CAM NA ODONTOLOGIA

OSASCO-SP

2023

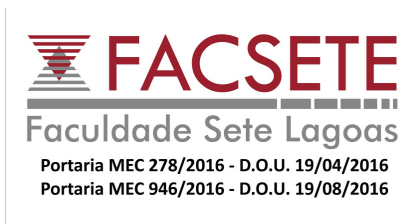
Weslany Carvalho de Sousa

SISTEMAS CAD/CAM NA ODONTOLOGIA

Monografia apresentada ao Curso de Especialização *Lato Sensu* da Faculdade Sete Lagoas - FACSETE, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Prótese Dentária.

Área de concentração: Prótese Dentária.

Orientador: Prof. Dr. Érico Castaldin Fraga
Moreira



Weslany Carvalho de Sousa

SISTEMAS CAD/CAM NA ODONTOLOGIA

Trabalho de conclusão de curso de especialização *Lato sensu* da Faculdade Sete Lagoas, como requisito parcial para obtenção do título de especialista em Prótese Dentária

Área de concentração: Prótese Dentária

Aprovada em ___/___/___ pela banca constituída dos seguintes professores:

Prof. Dr. Érico Castaldin Fraga Moreira – ABO OSASCO

Prof. Dr. Bruno Daniel Nader Marcos – ABO OSASCO

Prof. Dr. Daniel Yuydi Kawakami

Osasco, 09 de maio de 2023

Dedico este trabalho ao meu noivo Felipe Alves Da Silva e minha mãe Maria Do Amparo Carvalho, pela compreensão, motivação e auxílio em todos os momentos de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre me estender as mãos.

Meus agradecimentos também se dirigem a todos que me incentivaram na elaboração deste trabalho, de forma direta ou indireta, aos meus colegas de turma e aos meus pacientes.

Entretanto, gostaria de agradecer especialmente:

Ao Prof. Dr. Érico C F Moreira, pela participação direta neste passo gigantesco a caminho do meu engrandecimento profissional e ao Prof. Bruno D N Marcos que não mede esforços para ensinar.

E em especial a professora Mili Itice que foi fundamental para a conclusão deste trabalho.

Meu muito obrigada!

“A persistência é o caminho do êxito” (Charles Chaplin)

RESUMO

O desenho de uma estrutura Protética num computador seguido da sua confecção por uma máquina de fresagem geralmente é designado por CAD/CAM. Nos últimos 30 anos esta tecnologia tem trazido uma evolução muito grande na odontologia, com objetivo principal de otimizar a produção de trabalhos protéticos (CORREIA, 2006). Dos sistemas CAD/CAM para a odontologia.

Palavras-Chave: Tecnologia CAD/CAM; Tipos de sistema CAD/CAM; CEREC; Metal Free; Zircônio.

ABSTRACT

The design of a Prosthetic structure in a computer followed by its manufacture by a milling machine is generally referred to as CAD / CAM. In the last 30 years this technology has brought a great evolution in dentistry, with the main objective of optimizing the production of prosthetic works (CORREIA, 2006). Of the CAD / CAM systems for dentistry.

Key-words: CAD/CAM technology; CAD/CAM system types; CEREC; Metal Free; Zirconium.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO	12
3. MATERIAIS E MÉTODOS	13
4. REVISÃO DA LITERATURA	14
5. DISCUSSÃO	63
6. CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS.....	66

1. INTRODUÇÃO

A integração desses sistemas tecnológicos com avanços em biomateriais, como a cerâmica de alta resistência de zircônia, levou a grandes mudanças na educação e no atendimento ao paciente (F Tariq *et al.*, 2016) A tecnologia CAD-CAM tem sido utilizada na odontologia principalmente na produção de restaurações de próteses fixas como, por exemplo, coroas, pontes e facetas. Várias empresas têm desenvolvido sistemas CAD CAM de alta tecnologia, que se baseiam em três componentes fundamentais: sistema de leitura da preparação dentária (scanning), software de desenho da restauração protética (CAD) e sistema de fresagem da estrutura protética (CAM ou milling). Atualmente, há dois tipos de sistema CAD-CAM segundo a disponibilidade de ceder os arquivos CAD: sistemas CAD-CAM abertos ou CAD-CAM fechados. (CORREIA *et al.*, 2006). CAD/CAM é o termo utilizado para se referir ao desenho de uma estrutura protegida em computador (Computer Aided Design) seguido de sua confecção por uma máquina de fresagem (Computer Aided Manufacture). Atualmente esses sistemas podem ser alimentados por dados obtidos através de escaneamentos digitais precisos feitos de modelos de gesso ou intraoral e enviados diretamente para os sistemas, e a partir disto é possível esculpir restaurações sem a necessidade de uma cópia física dos dentes preparados, dentes adjacentes e dentes antagonistas. Desde a introdução do primeiro scanner digital para realizar moldagens dentárias, engenheiros de desenvolvimento de produtos em várias empresas criam scanners, para uso em clínicas, que são cada vez mais amigáveis para o usuário, produzindo imagens e restaurações com precisão cada vez maior. O uso desses produtos representa uma mudança de paradigma na forma que as moldagens são realizadas. (Polido W.D., 2010). A utilização desses sistemas destaca-se a melhor produtividade e precisão dimensional, menor tempo de confecção, cerâmica, que possuem estética superior quando descobertas às metalocerâmicas produzidas por técnicas convencionais (Torres, M. A. F., *et al.*, 2009).

A demanda dos pacientes por tratamentos estéticos é drástica e cresce rapidamente. Entre as soluções estéticas, os laminados de porcelana representam uma recepção clínica como opção de tratamento minimamente invasiva capaz de aumentar os sorrisos com o maior sucesso de longo prazo.

O fluxo de trabalho convencional para reabilitação estética dentária envolve uma comunicação adequada com o técnico de laboratório usando encerramento diagnóstico e guia de maquete, a este respeito foi constatado que o preparo obtido é mais conservador quando uma maquete de diagnóstico é usada em comparação com a preparação à mão livre. Além disso, o encerramento melhora a comunicação com o paciente, uma vez que mostra uma visualização realista da etapa final e também fornece ao profissional uma melhor compreensão das expectativas do paciente (Giudice Lo Antonino *et al.*, 2020).

O objetivo do presente estudo é fazer uma revisão de literatura mostrando o desenvolvimento da tecnologia e vantagens da implementação do sistema CAD/CAM na otimização de preparos de estruturas protéticas e restaurações e confecção das próteses de acordo com autores encontrados na literatura.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo, por meio de uma revisão de literatura narrativa, mostrar as novas possibilidades advindas do uso das ferramentas digitais do sistema CAD/CAM na Odontologia, incluindo as suas vantagens e desvantagens e suas aplicabilidades na área odontológica

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo foi realizada uma revisão da literatura sobre o sistema CAD/CAM e suas aplicações na odontologia. Os artigos selecionados foram realizados nas bases de dados Pubmed, Scielo, Google acadêmico nos anos de 2006 a 2020. As pesquisas foram realizadas utilizando as seguintes palavras chaves: CAD/CAM, dentadura, prótese dentária, sistemas dentários em implante, escaneamento digital. Este levantamento foi realizado no período de novembro de 2021 a maio de 2022 Os resumos dos artigos foram lidos e selecionados 18 artigos com maior compatibilidade com o tema padrão.

Os 18 artigos eram em língua inglesa e foram traduzidos com a ferramenta “google tradutor”. Estes artigos foram então lidos e cinco foram excluídos, pois não eram compatíveis com o tema escolhido. Então os 13 restantes passaram a fazer parte desta revisão.

4. REVISÃO DE LITERATURA

Correia Maia, *et al.* em 2006 através de um relato de caso, estudaram sobre a tecnologia de CAD-CAM na área de odontologia principalmente na produção de restaurações de próteses fixas como, por exemplo, coroas, pontes e facetas. Várias empresas têm desenvolvido sistemas CAD-CAM de alta tecnologia. Atualmente, há dois tipos de sistema CAD-CAM segundo a disponibilidade de ceder os arquivos CAD: sistemas CAD-CAM abertos ou CAD-CAM fechados. 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.

Esses sistemas podem ainda classificar-se segundo o local onde são utilizados: clínica ou laboratório. A grande maioria dos sistemas funciona em laboratório; no entanto, o sistema CEREC é o único que apresenta ambas as modalidades: Chairside, especialmente para a clínica, e inLab, essencialmente para o laboratório. Antes da digitalização da estrutura, há algumas considerações a fazer sobre a preparação odontológica. Além dos pedidos habituais relativos 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 usinagem da peça protética, sobretudo a forma da ponta da broca e sua espessura, não consegue reproduzir ângulos desse tipo. Normalmente, a linha de acabamento ideal nesses sistemas é o chanfro largo ou ombro com ângulo interno arredondado.

A preparação dentária pode ser digitalizada fora da cavidade oral, sobre o modelo de gesso (troquel), ou dentro da cavidade oral, por um sistema de digitalização intra-oral.

Embora sejam de aplicação mais prática e mais rápida, os sistemas de digitalização intra-oral ainda não permitem obter imagens suficientemente precisas das relações espaciais, especialmente quando estão envolvidos vários dentes na reabilitação protética. De acordo com Tinschert *et al.* estado atual da tecnologia CAD-CAM, os métodos extras orais são preferíveis. Todavia, estes métodos apresentam alguns mantidos, tais como o tempo dispendido e o fato de exigirem

uma impressão da preparação dentária, o que também introduz fatores de erro nesse processo.

Depois de efetuada a digitalização do preparo odontológico, a imagem é exibida para um programa de desenho assistido por computador, pelo qual o operador pode então desenhar de forma virtual a estrutura protética. Eventualmente, e se necessário, pode ser realizado um enceramento, que é posteriormente digitalizado e tratado pelo software. Nesta fase, define-se as linhas de acabamento, o espaçamento e a espessura da restauração a maquinar. 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. Os materiais utilizados para a fresagem da estrutura protética são blocos pré-fabricados dos seguintes materiais: cerâmica de vidro revestida com leucita, alumina protegida com vidro, alumina densamente sinterizada, Y-TZP Zircônia (Yttrium-tetragonal zircônia policristal) com sinterização (parcial ou total), ligas preciosas, ligas não preciosas e acrílicos de resistência resistente.

Uma das grandes vantagens da utilização desses sistemas é a possibilidade de trabalhar com materiais muito resistentes, como a zircônia, que, quanto à fabricação manual, é bastante limitada. Atualmente, a zircônia é a cerâmica mais resistente disponível para uso em odontologia, razão pela qual foi destacada neste trabalho. Esse material tem o potencial de permitir a construção de pontes em setores de alta tensão, 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. Num artigo de revisão de 2004, Raigrodsky⁹ refere que foi demonstrado em estudos *in vitro* 10-14, uma resistência à flexão de 900 Mpa–1.200 Mpa (1 MPA = 1 N/mm²) em barras de Y-TZP; 1.800–2.000 N em próteses parciais fixas com diferentes conectores (cargas estáticas); e 1.457 N numa simulação de uma carga clínica cíclica de cinco anos sobre uma prótese parcial fixa de três elementos. Apesar de ainda não existirem estudos de longa duração, há trabalhos com um, dois e três anos de duração em que ainda não foi encontrada uma única falha das fraestruturas 7,15. Essa alta resistência da zircônia deriva da sua formulação, conhecida como Y-TZP Zircônia. A zircônia (ZrO₂) é uma forma oxidada do metal zircônio, tal como a alumina é referente ao metal alumínio. O óxido de ítrio é um agente que é adicionado à zircônia pura de modo a conferir estabilidade à

temperatura ambiente e produzir um material multifásico conhecido como zircônia parcialmente estabilizada pelo ítrio (Y-TZP). Este material tem uma propriedade conhecida como “transformação tenacidade”: sob tensão, o material sofre alteração dimensional, com aumento volumétrico de 3 a 4%, gerando força de tensão que inibem a força das linhas de fratura tão frequentes nas cerâmicas. Por essa razão, a zircônia é conhecida como “Cerâmica Inteligente”. É uma característica semelhante à ação da amelo-dentinária resistente no dente natural. Por outro lado, é de realçar também que referente, à biocompatibilidade e à estética, a zircônia apresenta uma maior valia, comparativamente às restaurações metalocerâmicas. Para a utilização nas máquinas de fresagem dos sistemas CAD CAM, a zircônia apresenta-se em duas formas. • Zircônia totalmente sinterizada (dura) - implica um tempo de trabalho demorado (2 a 4 horas para uma unidade) e um desgaste grande com brocas. De acordo com Luthardt *et al.*, o desgaste dessa zircônia com brocas diamantadas pode danificar o material, comprometendo a sua resistência e viabilidade, razão pela qual o autor aconselha a utilização mais favorável da zircônia parcialmente sinterizada • Zircônia parcialmente sinterizada (zircônia mole) - permite um processamento mais fácil e mais rápido. Todavia, devido à sua condição de parcialmente sinterizada, necessita de 6 a 8 horas em um forno especial de cerâmica para completar a sinterização. Devido a esse processo, verifica-se uma alteração dimensional que tem de ser compensada durante o desenho virtual inicial da estrutura. São, então, confirmados a um processo subtrativo de fresagem segundo o número de eixos (3 a 6 eixos), dependendo de do sistema em questão. Para terminar a estrutura, são necessários, além da prova de inserção, o polimento e a individualização das estruturas com cerâmica.

Em 2006 os autores PEDROCHE O L *et al.*, avaliaram através de um estudo in vitro o processamento de zircônia para a fabricação de restaurações parciais fixas simples e múltiplas, concluiu-se que só era possível melhorar avançadas através da tecnologia

CAD-CAM, que se baseia em uma série de etapas de processamento, como digitalização, design de software da restauração, fresagem e sinterização. Todas essas etapas podem interferir individualmente ou em conjunto na precisão de encaixe de restaurações indiretas 4.5. A etapa mais crítica na fabricação de próteses fixas de zircônia é a obtenção de uma impressão precisa da preparação, que pode ser feita por métodos convencionais ou digitais. A moldagem convencional

apresenta várias desvantagens conhecidas, como desconforto do paciente, distorção da moldagem e dos materiais da matriz, imprecisão na reprodução de detalhes e contaminação bacteriana, que requer desinfecção das moldagens antes da fundição dos modelos de trabalho.

Em contraste, as técnicas de impressão digital eliminaram tais inconvenientes da impressão convencional. O procedimento para avaliar o grupo de escaneamento digital intraoral envolveu escaneamento digital dos arcos maxilar e mandibular com um scanner intraoral (Trios 3Shape, Copenhague, Dinamarca), após o qual outro escaneamento foi realizado para registrar método utilizado. obtidos usando métodos de impressão digital intraoral e convencional. No entanto, poucas evidências estão disponíveis com relação à precisão do ajuste fornecido pelos scanners de impressão digital intraoral, em comparação No entanto, deve ficar claro que os métodos de digitalização digital incluem o uso de scanners digitais intra orais ou scanners de laboratório de bancada para impressões de polivinil siloxano e modelos de gesso. Quando os scanners de laboratório são usados, a impressão convencional ainda é necessária; em comparação, os scanners intraorais são mais amplamente utilizados na prática clínica odontológica, onde sua aplicação simplifica definitivamente o fluxo de trabalho e evita imprecisões relacionadas às técnicas convencionais de impressão e fundição de modelos.

No entanto, nem todos os aspectos relacionados ao escaneamento digital intra oral podem ser considerados favoráveis, uma vez que o equipamento requer um investimento inicial relativamente alto, devendo os futuros usuários aprender a utilizá-lo e adaptar esse sistema à rotina do consultório odontológico. Além disso, os scanners digitais intra orais apresentam limitações em algumas situações clínicas. Por exemplo, o procedimento de escaneamento é complicado quando as linhas de chegada estão localizadas subgingivalmente, e é agravado pela presença de sangue ou saliva, e também quando usado na região de molares, devido ao espaço limitado na cavidade oral, dificultando o acesso do escaneamento varinha difícil. Além disso, alguns scanners intraorais requerem a aplicação de pó para eliminar o brilho superficial, podendo apresentar algum erro dimensional devido ao desalinhamento da câmera e baixa precisão do equipamento óptico.

Estudos recentes indicaram que o ajuste marginal e interno é semelhante para restaurações indiretas com scanners de laboratório, quando usados para adquirir imagens para impressões de polivinil siloxano ou modelos de gesso. Assim,

o objetivo deste estudo foi avaliar o ajuste marginal e interno de copings de zircônia obtidos usando um sistema de escaneamento intraoral e um sistema de escaneamento de laboratório de bancada, no qual tanto a impressão de polivinil siloxano quanto o modelo de gesso foram escaneados. A hipótese testada foi que não houve diferença no encaixe marginal e interno dos copings de zircônia, independente do escaneamento. Três diferentes métodos de digitalização digital foram realizados (n = 10): a. escaneamento digital intraoral (digitalização direta); b. escaneamento de impressões de polivinil siloxano (digitalização indireta); c. escaneamento dos moldes/modelos de gesso com scanner digital de laboratório (digitalização indireta). Em contraste, as técnicas de impressão digital eliminaram tais inconvenientes da impressão convencional. O procedimento para avaliar o grupo de escaneamento digital intraoral envolveu escaneamento digital dos arcos maxilar e mandibular com um scanner intraoral (Trios 3Shape, Copenhagen, Dinamarca), após o qual outro escaneamento foi realizado para registrar método utilizado. obtidos usando métodos de impressão digital intraoral e convencional. No entanto, poucas evidências estão disponíveis com relação à precisão do ajuste fornecido pelos scanners de impressão digital intraoral, em comparação com scanners de laboratório, quando usados para adquirir imagens para impressões de polivinil siloxano ou modelos de gesso. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o ajuste marginal e interno de copings de zircônia obtidos usando um sistema de escaneamento intraoral e um sistema de escaneamento de laboratório de bancada, no qual tanto a impressão de polivinil siloxano quanto o modelo de gesso foram escaneados. A hipótese testada foi que não houve diferença no encaixe marginal e interno dos copings de zircônia, independente do escaneamento.

Um primeiro molar inferior humano foi colocado em um typodont e preparado para uma coroa totalmente cerâmica com uma ponta diamantada de granulação média (4138 KG Sorensen, Cotia, Brasil). O dente preparado apresentava as seguintes características: linha de acabamento do chanfro circunferencial supragengival, redução oclusal de 2,0 mm, redução axial de 1,5 mm, ângulo de convergência axial de 6° e ângulos arredondados. Uma matriz de massa de silicone do dente foi obtida e usada para ajudar a controlar as reduções oclusais e axiais. A angulação foi controlada mantendo a cabeça da broca diamantada paralela ao longo eixo do preparo. Três diferentes métodos de digitalização digital foram realizados (n = 10): a. escaneamento digital intraoral (digitalização direta); b. escaneamento de

impressões de polivinil siloxano (digitalização indireta); c. escaneamento dos moldes/modelos de gesso com scanner digital de laboratório (digitalização indireta). Em contraste, as técnicas de impressão digital eliminaram tais inconvenientes da impressão convencional. O procedimento para avaliar o grupo de escaneamento digital intraoral envolveu escaneamento digital dos arcos maxilar e mandibular com um scanner intraoral (Trios 3Shape, Copenhague, Dinamarca), após o qual outro escaneamento foi realizado para registrar a oclusão.

O segundo grupo foi avaliado pela obtenção de impressões de polivinil siloxano de arco completo de etapa única (HydroXtreme, Coltene Whaledent, Altstätten, Suíça). O material de corpo pesado foi colocado em uma bandeja de estoque e o silicone de corpo leve foi colocado sobre o dente preparado. A bandeja carregada foi assentada firmemente no arco mandibular e deixada em repouso por 5 minutos. Uma impressão maxilar também foi feita para cada impressão de arco mandibular com corpo pesado polivinilsiloxano. Cada par de impressões de polivinil siloxano foi pulverizado com desinfetante de superfície e enxaguado. As impressões foram então escaneadas digitalmente com um scanner de laboratório de bancada (3Shape D700, Copenhague, Dinamarca). Um revelador não aquoso (SKD-S2, Spotcheck, Embu das Artes, Brasil) foi aplicado nas superfícies de impressão para reduzir o brilho e melhorar a reprodução. O ajuste marginal e interno dos copings foi avaliado pela técnica de réplica de silicone, usando um corpo leve e um siloxano de polivinil de corpo regular (HydroXtreme, Coltene Whaledent, Altstätten, Suíça). A réplica foi seccionada em quatro partes usando uma lâmina de bisturi afiada. Dois cortes foram feitos em cada réplica de silicone, um no sentido vestibulolingual e outro no sentido mesiodistal. As quatro seções transversais de cada réplica foram colocadas em um scanner de bancada (C3180 HP Photosmart, HP, Palo Alto, EUA) para digitalização. As imagens de alta resolução (1.200 dpi) foram salvas como arquivos jpg e um único operador determinou a espessura do polivinil siloxano de corpo leve usando um software de análise de imagem (ImageJ, US National Institutes of Health, Bethesda, EUA). Para o terceiro grupo, impressões de polivinil siloxano de arco completo de etapa única (HydroXtreme, Coltene Whaledent, Altstätten, Suíça) foram obtidas e desinfetadas conforme descrito acima. Após um período de espera de 30 minutos, cada impressão foi moldada em gesso tipo IV (Durone IV, Dentsply, York, EUA) por manipulação manual, seguindo as instruções

do fabricante. Os modelos resultantes foram então digitalizados com o mesmo scanner de laboratório de bancada.

Todas as digitalizações foram usadas para projetar coifas de zircônia (software Dental Designer Premium 2013, 3Shape, Copenhague, Dinamarca) pelo mesmo técnico em prótese dentária experiente. Um coping de zircônia (Metoxit, Thayngen, Suíça) foi fabricado por escaneamento. Todos os copings foram produzidos em um centro de fresagem (Neodent, Curitiba, Brasil), utilizando uma retificadora de cinco eixos (Ultrasonic 20 linear, DMG Mori Aktiengesellschaft, Bielefeld, Alemanha), que considerou uma folga marginal de 10 μm e uma folga interna de 50 μm para as paredes axiais e oclusal e 70 μm para o ângulo axio-oclusal. Após a fresagem, os copings de zircônia foram sinterizados de acordo com as recomendações do fabricante.

O ajuste marginal e interno dos copings foi avaliado pela técnica de réplica de silicone, usando um corpo leve e um siloxano de polivinil de corpo regular (HydroXtreme, Coltene Whaledent, Altstätten, Suíça). A réplica foi seccionada em quatro partes usando uma lâmina de bisturi afiada. Dois cortes foram feitos em cada réplica de silicone, um no sentido vestibulolingual e outro no sentido mesiodistal. As quatro seções transversais de cada réplica foram colocadas em um scanner de bancada (C3180 HP Photosmart, HP, Palo Alto, EUA) para digitalização. As imagens de alta resolução (1.200 dpi) foram salvas como arquivos jpg e um único operador determinou a espessura do polivinil siloxano de corpo leve usando um software de análise de imagem (ImageJ, US National Institutes of Health, Bethesda, EUA).

A espessura de cada fragmento da réplica foi medida em quatro pontos, conforme descrito gap marginal (MG): distância perpendicular da superfície interna na margem do coping ao dente preparado; b. parede axial (AW): discrepância entre o dente preparado e a superfície interna do coping na parede médio-axial; c. ângulo axial-oclusal (AO): discrepância entre o dente preparado e a superfície interna do coping na região da borda axial-oclusal, no ponto de interseção de duas retas: uma paralela ao plano oclusal e outra paralela ao a parede axial, área centro-oclusal (CO): discrepância entre o dente preparado e a superfície interna do coping no centro da região oclusal.

Assim, foram obtidas 16 medidas para cada réplica, ou seja, quatro medidas para cada ponto. A média de cada ponto foi calculada e considerada para análise estatística. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk e a

homocedasticidade pelo teste de Levene para homogeneidade de variâncias. Os dados foram submetidos à ANOVA one-way para cada ponto de medição e ao teste de Tukey, ambos com nível de significância de 0,05.

Os resultados dos testes de normalidade e homogeneidade de variância, para cada ponto de medição, foram respectivamente: MG ($p = 0,061$ e $0,155$), AW ($p = 0,462$ e $0,489$), AO ($p = 0,314$ e $0,220$) e CO ($p = 0,048$ e $0,074$). um método não invasivo e confiável para determinar a lacuna marginal e interna de restaurações indiretas, pois é fácil e não demora para executar e relativamente barato. Assim, foram obtidas 16 medidas para cada réplica, ou seja, quatro medidas para cada ponto. A média de cada ponto foi calculada e considerada para análise estatística. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk e a homocedasticidade pelo teste de Levene para homogeneidade de variâncias. Os dados foram submetidos à ANOVA one-way para cada ponto de medição e ao teste de Tukey, ambos com nível de significância de 0,05. As médias e desvios padrão para todos os grupos e pontos de medição são mostrados na Tabela 1. A precisão do ajuste das restaurações indiretas está relacionada a um espaço marginal mínimo entre o dente preparado e a prótese. Para garantir a longevidade clínica, um gap marginal de não mais que $120 \mu\text{m}$ é considerado clinicamente aceitável. A importância do ajuste marginal reside no fato de que as principais causas de falha da restauração indireta são cáries secundárias e perda de retenção, fatores intimamente relacionados à dissolução do cimento cimentante e deficiências na adaptação marginal. Tão importante quanto o ajuste marginal, um espaço interno mínimo e uniforme também é um aspecto desejável das restaurações indiretas, uma vez que grandes lacunas marginais menores do que usando métodos de moldagem convencionais. Os resultados do presente estudo corroboram esse achado, visto que o grupo escaneamento digital intraoral apresentou em grande parte o menor valor médio de desajuste, em comparação com os grupos nos quais foram utilizados métodos de escaneamento digital laboratorial. Isso pode ser explicado pelo fato de não haver necessidade de materiais de moldagem ou moldagem para realizar o escaneamento intraoral. Esses materiais, independentemente de seu tipo e qualidade, sofrem algum grau de alteração dimensional. Quando o escaneamento digital intraoral é utilizado para a confecção de estruturas de restaurações parciais fixas unitárias (copings ou coroas) e múltiplas, as etapas de moldagem e moldagem podem ser eliminadas, contribuindo assim para a obtenção de uma prótese dentária

mais precisa. Os dados mostraram diferenças estatisticamente significativas com base nos métodos de varredura digital para MG, AO e CO. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores de gap para AW. Em relação ao MG, o escaneamento digital intraoral apresentou menores valores de gap e o escaneamento em modelo de gesso apresentou maiores valores de gap. O escaneamento da impressão com polivinil siloxano mostrou valores intermediários de desajuste. Em relação ao AO e CO, o escaneamento digital intraoral também apresentou valores de gap menores. O escaneamento da impressão com polivinil siloxano e o escaneamento do modelo de gesso apresentaram maiores valores de lacunas e foram estatisticamente semelhantes.

Torres M A *et al.*, O objetivo deste artigo *in vitro* é revisar os sistemas CAD/CAM usados na implantodontia e descrever sua aplicação na construção de pilares de implantes e matrizes cirúrgicas. sistemas CAD/CAM (desenho assistido por computador/ fabricação assistida por computador) evoluíram nas últimas duas décadas e têm sido usados por profissionais de saúde bucal há mais de vinte anos.

Uma das principais linhas de implantação foi o uso intraoperatório para restauração dentária utilizando monoblocos cerâmicos pré-fabricados. Os sistemas CAD/CAM têm sido utilizados principalmente para a confecção de restaurações protéticas fixas, como inlays, onlays, veneers e coroas. Durante a última década, os desenvolvimentos tecnológicos nestes sistemas têm proporcionado restaurações alternativas usando diferentes materiais como porcelana, resina composta e blocos metálicos, que não puderam ser processados anteriormente por limitações técnicas.

Atualmente existe um maior interesse nos sistemas CAD/CAM para próteses implanto-suportadas, uma vez que têm sido utilizados para o fabrico de pilares de implantes e gabaritos de diagnóstico em implantodontia.

Os sistemas CAD/CAM são compostos por três componentes funcionais básicos. Captura e digitalização de dados para obter a informação oral. Para realizar este processo existem diferentes sistemas de negociação - Captura intraoral. Este método usa sistemas ópticos 3D para capturar a anatomia de componentes individuais. Alguns exemplos são: Interférométrie Moire, varredura a laser, codificação de cores (como CEREC e Evolution 4D (Evolução 4D).Captura de duplicatas dentárias anatômicas (gesso), geralmente usando um método de varredura a laser. Produtos comerciais como RapidForm® (RapidForm), Slim®

(Slim), poly Works® (polyWorks) e Geometric Studio® (Geometric Studio) são usados para o pós processamento das malhas 3D.

Esses sistemas CAD possuem algumas funções simples para alterar a geometria da restauração. CAD para o desenho geométrico da restauração.

CAM para fabricar a restauração. Os sistemas CAM usam informações assistidas por computador para moldar um objeto físico, usando métodos de subtração (que removem material de um bloco inicial para obter a forma desejada) ou usando métodos aditivos, usados na prototipagem rápida, cada vez mais usados em CAD/CAM oral tecnologia.

Pilares protéticos Idealmente, a cabeça do pilar deve se assemelhar a um dente preparado com boa forma, morfologia e perfil de emergência . O posicionamento adequado do implante e a preparação adequada dos tecidos duros e moles são essenciais para criar um perfil de emergência, função, estética e saúde periodontal ideais.

Os tipos disponíveis podem ser separados em três categorias: Estoque (pré-fabricados). Eles são fresados em diferentes materiais (titânio, zircônio) usando a tecnologia CAD/CAM. Estes estão disponíveis retos ou pré-angulados.

UCLA (cera de laboratório e gesso). São fabricados a partir de uma plataforma dourada e uma manga fundível que permite individualizar a forma e a altura.

Pilar maciço, fresado por computador. Um bloco sólido de titânio é fresado usando uma fresadora computadorizada de acordo com as especificações do operador.

Pilares CAD/CAM em Implantodontia Vantagens dos pilares CAD/CAM Os pilares personalizados criados com a tecnologia CAD/CAM têm o potencial de oferecer as vantagens dos pilares personalizados processados em estoque e em laboratório, sem as desvantagens. Primeiro, como os pilares feitos em laboratório, os pilares CAD/CAM são específicos para cada paciente, porém os resultados são muito mais consistentes. A curva de aprendizado do técnico é menos acentuada do que a dos componentes feitos à mão. O técnico controla o desenho do pilar usando um software CAD que incorpora parâmetros para auxiliá-lo. O pilar virtualmente projetado é transferido eletronicamente para um aparelho de fresagem CAM que cria o pilar a partir de um bloco do material de pilar selecionado. A maioria das imprecisões dimensionais inerentes ao encerramento, revestimento e fundição são

eliminadas. Ao contrário dos pilares personalizados de estoque ou fundidos, as superfícies dos pilares CAD/CAM não são submetidas aos processos de manipulação mencionados acima após a usinagem, portanto, os pilares CAD/CAM têm o potencial de fornecer o ajuste mais preciso de qualquer tipo de pilar.

Quando comparado com um pilar de estoque e fundido, o custo de um pilar de implante CAD/CAM atualmente situa-se em algum lugar entre os dois. É provável que essa despesa diminua com o tempo, à medida que os sistemas CAD/CAM para fabricação de pilares se tornam comuns. Por outro lado, os custos de mão-de-obra e processos laboratoriais intensivos em mão-de-obra provavelmente aumentarão, aumentando assim o custo de pilares de estoque preparados ou pilares personalizados fundidos à mão.

A tecnologia CAD/CAM tem usado metais como titânio e ligas de titânio, e cerâmicas como óxido de alumínio ou óxido de zircônio para a fabricação de pilares de implantes. A maior resistência desses materiais, que podem ser moldados apenas com sistemas CAD/CAM, aumentou a longevidade dessas restaurações e a demanda entre os dentistas recentemente. Alguns desses produtos são: CEREC 3D® (Sirona Dental Systems) (CEREC 3D), Everest® (Everest) e Lava® (LAVA).

Pilares de implantes personalizados CAD/CAM a maioria dos sistemas de implantes oferecem este tipo de pilares.

A sequência começa apresentando as informações do paciente no software que emprega a tecnologia CAD/CAM. O técnico de laboratório encerra a prótese sobre o pilar correspondente e a escaneia. Então esta estrutura é adaptada ao arco antagonista e ao perfil de emergência. Esses dados são transferidos para o centro CAM e o pilar projetado é fresado, adicionando a cerâmica posteriormente.

Atualmente, com exceção do hexágono interno ou externo, a estrutura de encontro é projetada seguindo este método. Os softwares CAD atuais possuem bancos de dados que permitem escolher o pilar, ou outra opção é digitalizá-lo e introduzi-lo no software para obter a forma desejada. Em seguida, a forma projetada pode ser modificada de acordo com as instruções enviadas com o estojo. A informação digital é transferida para uma fresadora controlada por computador e o pilar é fresado a partir de um bloco sólido de liga de titânio. O pilar fresado é virado para o molde para verificar o ajuste e a forma.

Sistemas de pilares CAD/CAM comercialmente disponíveis Cerec® (Sirona, Patterson Dental Co., Milwaukee, WI) é um sistema disponível que permite o

fresamento de restaurações de cerâmica no consultório odontológico. O dentista pode digitalizar a imagem da boca do paciente usando um scanner óptico, projetar as restaurações de cerâmica e frisá-las no consultório odontológico. Se o diagnóstico for completo e preciso, colocar o implante e fazer uma restauração definitiva em 1 consulta pode ser tão previsível quanto à técnica tradicional de 2 consultas. Uma das desvantagens mais importantes é que o dentista deve adquirir o scanner, as fresadoras e os softwares.

Ortorp et ai. mostram que a precisão de ajuste entre as estruturas de implantes de titânio fresadas e fundidas em CNC para a mandíbula edêntula foi melhor do que as estruturas feitas em um processo tradicional.

Atlantis® Abutments (Atlantis Components, Inc, Cam bridge, MA), fresados em liga de titânio, estão disponíveis comercialmente desde o início da década de 1990.

Uma única impressão ou índice de posicionamento do implante pode ser feito no momento da cirurgia do implante, ou pode ser feito em um segundo estágio, quando uma pequena modificação do pilar será necessária para que os tecidos moles sejam cicatrizados.

Um coping de transferência é anexado aos implantes e um índice é fabricado orientando os transferring copings para os dentes adjacentes. Isso é enviado para o laboratório junto com impressões de arcada completa. O laboratório incorpora os análogos do implante no molde mestre usando o coping de transferência e faz medições diretamente no molde. Isso determina qual grau de perfil de emergência é necessário e o comprimento e forma dos pilares e das margens. A imagem gerada pode ser modificada de acordo com as instruções enviadas com o estojo. O arquivo é transferido para uma fresadora de precisão controlada por computador e o pilar é fresado a partir de um bloco sólido de titânio. Os pilares fresados são devolvidos aos moldes de tratamento para verificar a forma adequada, contorno e folga oclusal.

Atlantis fornece um segundo pilar duplicado para dar aos dentistas a opção de colocar uma coroa provisória no primeiro pilar e uma coroa definitiva no segundo.

A recessão resultante do tecido durante a cicatrização dos tecidos moles pode exigir modificações manuais da margem do pilar antes da fabricação da coroa. A Procera® (Nobel Biocare, Yorba Linda, CA), inicialmente desenvolvida para copings de titânio e óxido de alumínio para coroas convencionais, adicionou recentemente pilares de implantes à sua linha de componentes CAD/CAM. nata

preocupações sobre o uso de metais dissimilares e sobre interfaces entre componentes usinados e fundidos. Quanto aos pilares naturais, o agente cimentante, a altura e o ângulo de convergência do pilar influenciam a retenção da dopagem metálica cimentada nos pilares CAD/CAM de titânio. Especificamente para o pilar Procera® de titânio CAD/CAM, o cimento mais retentivo foi o fosfato de zinco, seguido por poliuretano, poliuretano mais vaselina e óxido de zinco-eugenol.

O sistema Procera® também permitiu a produção de alumina sinterizada e pilares de zircônia, que proporcionaram novas oportunidades para restaurações estéticas de dentes unitários. Com este sistema, o pilar é desenhado virtualmente pelo laboratório local utilizando um sistema de escaneamento digital Procera e um software adquirido da Nobel Biocare. A informação é transmitida eletronicamente para uma instalação da Procera onde o pilar virtual é fresado e devolvido ao laboratório local. O dentista tem a opção de receber um pilar CAD/CAM e um coping CAD/CAM de titânio ou cerâmica usando este mesmo sistema

Algumas vantagens desta técnica são a possibilidade de encurtar o tempo total de tratamento e a mínima manipulação dos tecidos moles Heydecke et ai. enfatiza a aparência natural dos pilares de implantes de cerâmica de óxido de alumínio e a necessidade mínima de ajustes pós-produção se compararmos com os pilares de estoque. A precisão deste sistema é refletida no conceito Teeth-in-an-hour™ para carga funcional imediata na maxila usando próteses fixas CAD/CAM fabricadas a partir de um bloco de titânio fresado através do protocolo Procera Implant Bridge.

O pilar Procera, após determinar a precisão do ajuste (21), pode ser considerado para aplicação universal para os sistemas de implantes de hexágono externo mais comumente usados Branemark System (Nobel Biocare, Lifecore Restore (Lifecore Biomedical, Chaska, MN), Implant Innovations (3i) System, ImplaMed (Sterngold-IMplaMed, Attleboro, MA) e Paragon TaperLock (Encino, CA).

Existem alguns estudos in vitro cujo objetivo foi avaliar a precisão na interface do implante de pilares Procera de titânio, zircônia e alumina com uma conexão hexagonal para restaurações de dentes unitários, sugerindo que os pilares Procera apresentaram menos de 3 graus de liberdade rotacional, o que mostra uma união aparafusada estável e pode reduzir o risco de afrouxamento do parafuso.

Encode® Restorative System (3i Implant Innovations Inc, Palm Beach Gardens, Flórida). O sistema consiste em um pilar de cicatrização codificado e um pilar de

titânio CAD/CAM. O pilar de cicatrização proprietário possui três entalhes que são códigos que fornecem as informações sobre a posição hexagonal do implante, o diâmetro da plataforma e a altura do colar de tecido mole, todos necessários para projetar o pilar definitivo. Um scanner óptico a laser interpreta esses códigos e um pilar personalizado é projetado com um software CAD especial. O processo de escaneamento é um scanner de luz branca que escaneia os moldes definitivos do pilar de cicatrização e o arco oposto. A informação digital é transformada em um modelo sólido. O software proprietário reconhece os códigos no pilar de cicatrização e o pilar projetado é então fresado a partir de um bloco sólido de liga de titânio. Finalmente, uma restauração cimentada é confeccionada sobre o pilar CAD/CAM no laboratório dentário. As vantagens deste sistema são: 1) fornece um perfil emergente atômico para o pilar definitivo; 2) permite corrigir um ângulo de implante de até 30 graus; 3) não há necessidade de encerrar ou moldar, diminuindo o tempo e o custo do laboratório; 4) é fácil de usar, pois existe a opção de não fazer uma impressão ao nível do implante e não há necessidade de preparação intraoral do pilar. No entanto, esta técnica tem suas desvantagens: 1) seu uso é limitado a um sistema de implante específico (3i Implant Innovations, Inc); 2) é necessário um espaço entre arcos de pelo menos 6 mm e distância mínima de 2 mm entre os implantes; 3) pilares de cerâmica não estão disponíveis; 4) placas de montagem específicas são necessárias para a montagem dos moldes finais, 5) esses pilares não podem ser usados quando houver menos de 1 mm de tecido mole ao redor de um implante ou se um implante se desviar mais de 30 graus de outros implantes.

Guias cirúrgicos CAD/CAM A colocação de implantes dentários requer um planejamento preciso que leve em consideração as limitações anatômicas e os objetivos restauradores. O diagnóstico pode ser feito com o auxílio da tomografia computadorizada, mas a transferência do planejamento para o campo cirúrgico é limitada. Recentemente, novas técnicas CAD/CAM, como a prototipagem rápida estereolitográfica, foram desenvolvidas para construir guias cirúrgicos na tentativa de melhorar a precisão da colocação do implante). Como resultado dessa tecnologia, o guia cirúrgico permite posicionamento e orientação precisa e consistente dos implantes. Sarmant e outros. mostraram a vantagem dessa técnica em um estudo de caso-controle que comparou as distâncias entre implantes planejados e osteotomias reais usando um guia cirúrgico convencional ou um guia cirúrgico estereolitográfico (SurgiGuide; Materialize Medical, Glen Burnie, MD).

Usando o gabarito cirúrgico, cirurgia minimamente invasiva é realizada sem retalho, o que é chamado de colocação de implante transmucoso, que mostra redução da morbidade do paciente. Assim, a transferência do planejamento cirúrgico do software para o paciente por meio dessas guias facilita a confecção de uma prótese que será entregue após a cirurgia, obtendo carga funcional imediata aos implantes.

O presente artigo através de um relato de caso, abordará os aspectos técnicos e de aplicações das moldagens digitais em Odontologia, com ênfase na Ortodontia. Polido D em 2010 realizou uma pesquisa sobre a introdução do primeiro scanner digital para realizar moldagens dentárias, engenheiros de desenvolvimento de produtos em várias empresas criaram scanners, para uso em clínicas, que são cada vez mais amigáveis para o usuário, produzindo imagens e restaurações com precisão cada vez maior. O uso desses produtos representa uma mudança de paradigma na forma que as moldagens são realizadas.

A aquisição de uma cópia de um dente ou vários dentes preparados, de dentes íntegros adjacentes e antagonistas, e o estabelecimento de uma relação interoclusal correta, assim como a conversão dessa informação em réplicas precisas da dentição sobre as quais restaurações indiretas possam ser realizadas, são os objetivos principais do processo de moldagem na Odontologia Restauradora.

Em Ortodontia, e em suas associações com a Cirurgia Ortognática, o uso de modelos de gesso precisos é condição imprescindível para a realização de um diagnóstico e de um plano de tratamento adequado, assim como para o acompanhamento da evolução do tratamento. As técnicas amplamente utilizadas atualmente para obter moldagens com elastômeros e criar modelos de gesso a partir delas estão em uso desde 1937. O primeiro material elastomérico especificamente produzido para uso em Odontologia foi o Impregum, um material do tipo poliéster introduzido pela empresa ESPE em 1965.

Muitos dentistas resistem em se envolver com novas tecnologias de moldagens porque simplesmente acreditam que os materiais e técnicas com elastômeros estão em uso há tanto tempo, e funcionam tão bem, que são insubstituíveis. Ou que as tecnologias 3D de scanners digitais são tão novas que ainda não estão prontas para o uso clínico. Na verdade, a moldagem com elastômeros, com seus problemas inerentes, tem sido usada em odontologia por 72 anos. Na Ortodontia, as moldagens digitais têm sido usadas com sucesso por vários

anos, em sistemas como o Cadent IOC/OrthoCAD, Dentsply/ GAC OrthoPlex, Stratos/Orametrix SureSmile, e EMS RapidForm. Os sistemas CAD/CAM (Computer Aided Design e Computer Aided Manufacture) que estão disponíveis atualmente são capazes de alimentar dados obtidos através de escaneamentos digitais precisos feitos de modelos de gesso diretamente para sistemas de confecção capazes de esculpir restaurações em blocos de cerâmica ou resina, sem a necessidade de uma cópia física dos dentes preparados, dentes adjacentes e dentes antagonistas.

Hoje, duas modalidades de sistemas encontram-se disponíveis no mercado: os sistemas CAD/CAM e os sistemas de moldagem digital tridimensional (3D) dedicados. O presente artigo, mostrará as características dos sistemas dedicados de moldagem digital 3D, pois são os que mais representam o presente e as perspectivas de futuro na Odontologia, com uso na área restauradora e nas áreas de Ortodontia e Cirurgia Ortognática.

Os sistemas dedicados de moldagem digital eliminam várias etapas de atendimento em um consultório odontológico, incluindo seleção de moldeiras, preparação e uso de materiais, desinfecção de moldagens e envio ao laboratório. Além disso, o laboratório reduz seu tempo de trabalho, por não ter que vaziar gesso nas moldagens, colocar pinos e réplicas, recortar e modelar troquéis ou articular modelos. Com esses sistemas, as restaurações finais são produzidas em modelos criados a partir de dados dos escaneamentos digitais, ao invés de em modelos de gesso feitos a partir de moldagens físicas. O conforto do paciente, a aceitação do tratamento e orientação sobre o caso são benefícios adicionais. Os escaneamentos digitais podem ser indefinidamente armazenados em discos rígidos, enquanto modelos convencionais, que podem quebrar ou lascar, devem ser armazenados fisicamente, o que requer um espaço adicional nos consultórios. O scanner da iTero (Cadent Inc., EUA) entrou no mercado em 2007. Ele usa um sistema de imagem confocal paralela para realizar rapidamente a moldagem digital, capturando 100 mil pontos de luz laser e produzindo imagens com foco perfeito de mais de 300 profundidades focais das estruturas dentárias. Todas essas profundidades focais são espaçadas entre si por no máximo 50 micrômetros (50 μ m). O escaneamento confocal digital paralelo captura todos os elementos e materiais presentes na boca sem a necessidade de uso de produtos que recobrem os dentes, e sua precisão permite capturar preparos em nível supra e subgengivais.

Devido às suas características de possibilidade de escaneamento direto, sem o uso de materiais em pó aplicados sobre os dentes, o scanner iOC da Cadent (EUA) proporciona a ortodontistas e assistentes a flexibilidade necessária para dar um espectro completo de aplicações clínicas. Ele proporciona um escaneamento ortodôntico altamente preciso, com visualização em tempo real, tanto em pacientes adultos como em adolescentes, em pacientes com variadas aberturas de boca e em situações de arcada total e parcial. Além disso, a arquitetura do software do iOC permite que os dados sejam exportados e usados em integração com outros softwares de gerenciamento de clínicas ortodônticas, como o OrthoCAD . Outra possibilidade de moldagem digital é o sistema Lava® Chairside Oral Scanner (C.O.S.), da 3M ESPE. Ele consiste em um sistema de um cart móvel contendo uma CPU, um monitor do tipo “touch screen” e um aparelho escaneador que tem uma extremidade de aproximadamente 13mm de largura. A câmera na ponta do aparelho contém 192 leds e 22 sistemas de lentes. O método usado para a captura das moldagens em 3D envolve uma tecnologia chamada Active Wavefront Sampling. O conceito Lava® de “3D em movimento” incorpora um design óptico revolucionário, algoritmos de processamento de imagem e uma reconstrução de modelo que captura os dados 3D em uma sequência de vídeo e modela os dados em tempo real.

A ponta escaneadora contém um complexo sistema óptico que compreende múltiplas lentes e células em led azul. Assim, o sistema Lava C.O.S. pode capturar aproximadamente 20 dados 3D por segundo, ou próximo de 2.400 dados por arcada, para um escaneamento preciso e em alta velocidade.

Para o técnico de laboratório dentário e para o dentista tem uma vantagem, em adotar a tecnologia digital seja a eliminação de muitos processos. Por virtualmente eliminar esses processos, o acúmulo de erros no tratamento e no ciclo de fabricação deixa de ser um fator significativo. Alguns desses processos são: presa do material de moldagem, presa do gesso e da base, presa do material de revestimento em troquéis de restaurações, e retração ou encolhimento de materiais cerâmicos feldspáticos convencionais.

Em casos de Ortodontia e de Cirurgia Ortognática, o registro oclusal (oclusão cêntrica) tem historicamente sido realizado através do uso de materiais de silicone ou mordida em cera. Quando realizado digitalmente, não há material colocado entre os dentes superiores e inferiores. Isso reduz significativamente o risco de se obter uma relação interoclusal inadequada.

Outra área de interesse promissora é o setor de educação odontológica, transferindo conhecimento teórico e exercícios práticos para oferecer ensino interativo com acesso 24 horas por dia, 7 dias por semana e avaliação objetiva. O treinamento de habilidades motoras baseado em AR/VR (Realidade aumentada e virtual) (AR/VR) para preparação dentária facilita especialmente o aprendizado eficiente e autônomo para estudantes de odontologia. Estudos iniciais mostraram que as tecnologias AR/VR estimulam mais os sentidos para aprender com mérito. Além disso, na pós-graduação, protocolos clínicos desafiadores e complexos podem ser treinados em um ambiente virtual completo sem riscos ou danos para pacientes reais; além disso, os especialistas podem manter continuamente suas habilidades enquanto treinam com simulações AR/VR.

Em um relato de caso em 2011 Miyazaki T , *et al.*, tiveram como objetivo avaliar o uso de biomateriais dentários na prática odontológica de rotina. Existem dois métodos principais para a aplicação de biomateriais odontológicos. Em primeiro lugar, os biomateriais dentários brutos são transplantados para tecidos vivos, como dentes e ossos, para preencher o espaço, em vez de órgãos vivos ou transplante de tecidos. Em segundo lugar, os dispositivos dentários, como restaurações de coroas e pontes e dentaduras, são fabricados a partir de materiais dentários para restaurar a morfologia dentária e a função oral. Restaurações de coroas e pontes são comumente usadas por clínicos gerais após tratamentos operatórios e endodônticos. Além disso, a recente introdução de implantes osseointegrados expandiu a aplicação de restaurações de coroas e pontes para restaurar espaços edêntulos. Uma vez que a durabilidade mecânica e o ajuste perfeito aos pilares são obrigatórios para restauração de coroas e pontes, restaurações metálicas e estruturas metálicas cobertas por vidro ou resina composta tornaram-se populares. O desenvolvimento de ligas de ouro para fundição e sistemas de fundição de precisão odontológica contribuíram para a aplicação de restaurações metálicas. No entanto, as solicitações dos pacientes por estética e biossegurança aumentaram a demanda por restaurações livres de metal. Portanto, são necessários novos materiais e novas tecnologias de processamento para atender às demandas dos pacientes.

Novos sistemas de fabricação combinados com um sistema assistido por computador sistema de fabricação (CAD/CAM odontológico) e redes estão se tornando cada vez mais disponíveis. Tecnologia odontológica que costumava ser

centrada na fundição de cera perdida padronizada a tecnologia foi muito melhorada com a introdução de sistemas CAD/CAM odontológicos.

Neste artigo discutimos: (1) a história e o estado recente dos sistemas CAD/CAM odontológicos; (2) a aplicação de coroas de vitrocerâmica da cor do dente fabricadas por CAD/CAM; e (3) a aplicação de coroas e pontes totalmente em cerâmica usando estruturas baseadas em zircônia fabricadas por CAD/CAM para clínicos gerais.

. O pilar intraoral é escaneado por um digitalizador intraoral para obter uma impressão ótica. Os dados digitalizados são reconstruídos no monitor como um gráfico 3D e, em seguida, a morfologia ideal da coroa pode ser projetada virtualmente" no monitor. A coroa final é fabricada fresando um bloco usando uma máquina controlada numericamente. Duret e seus colegas desenvolveram posteriormente o sistema comercial Sopher, mas esse sistema não foi amplamente utilizado. É possível que este sistema tenha sido projetado muito cedo para ser aplicado na odontologia devido à falta de precisão de digitalização, poder de computador e materiais, etc. No entanto, Mormann e seus colegas desenvolveram o sistema CEREC e conseguiram produzir uma restauração inlay de cerâmica usando tecnologia assistida por computador.⁴ A digitalização da cavidade inlay é realizada diretamente na boca usando uma câmera intraoral compacta, que é tecnicamente menos difícil em comparação com pilares de coroa. O design e a fabricação dos inlays de cerâmica são realizados usando uma máquina compacta instalada na cadeira do consultório odontológico. Esta aplicação foi inovadora, mas a aplicação foi limitada a inlays e morfologia oclusal e contorno inicialmente não disponível. O termo técnico CAD/CAM tornou-se popular na odontologia com a introdução do sistema CEREC em todo o mundo. A ideia original de fabricação de restauração em consultório ainda é praticada atualmente. Vários relatórios foram publicados sobre este sistema, mostrando resultados satisfatórios em longo prazo. Uma iteração recente do sistema pode fabricar não apenas inlays e onlays originais, mas também coroas e núcleos/estruturas de pontes em ambientes clínicos e laboratoriais .

Com base nos desenvolvimentos do sistema de laboratório de Duret, muitos pesquisadores em todo o mundo, incluindo nosso próprio laboratório, começaram na década de 1980 a desenvolver um sistema para fabricar uma coroa com uma superfície oclusal anatômica. No entanto, achamos difícil digitalizar o pilar intraoral com precisão usando um scanner intraoral direto. Portanto, decidimos preparar o

modelo de pedra convencional para iniciar o processo CAD/ CAM para a fabricação de coroas, especialmente para uso em laboratório dentário. Diferentes digitalizadores, como uma sonda de contato, 8 feixes de laser com um sensor PSD e um laser com uma câmera CCD foram desenvolvidos. Software CAD sofisticado e máquinas CAD/CAM odontológicas compactas também foram desenvolvidos. Conseqüentemente, restaurações metálicas e cerâmicas puderam ser fabricadas pelos sistemas CAD/CAM de segunda geração.

No início da década de 1980, as ligas de níquel-cromo foram usadas como substitutas das ligas de ouro devido ao aumento drástico dos preços do ouro na época. No entanto, as alergias a metais tornaram-se um problema, especialmente no norte da Europa, e uma transição para o titânio livre de alergias foi proposto. Uma vez que a fundição de precisão de titânio ainda era difícil naquela época, Andersson e seus colegas tentaram fabricar coifas de titânio por eletroerosão e introduziram a tecnologia CAD/ CAM no processo de restaurações com facetas compostas. Esta foi a primeira aplicação de CAD/ CAM em um procedimento especializado como parte de um sistema de processamento total. Este sistema posteriormente desenvolvido como uma rede de centro de processamento trabalhou com digitalizadores de satélite em todo o mundo para a fabricação de estruturas totalmente cerâmicas usando alumina policristalina sinterizada densa industrial conhecida como sistema Procera. Desde que essas estruturas industriais de alta resistência cerâmicas não estavam disponíveis para laboratórios odontológicos convencionais, a aplicação de CAD/CAM em rede em um centro de processamento foi inovador na história da tecnologia odontológica. Essa produção em rede os sistemas estão sendo introduzidos atualmente por várias empresas em todo o mundo. A produção de estruturas de zircônia tornou-se muito popular no mercado mundial. A aplicação do CAD/CAM está atualmente limitada ao processamento laboratorial. Por exemplo, mesmo que a estrutura de zircônia seja fabricada usando um processo CAD/CAM no centro de usinagem, as restaurações finais são concluídas por recobrimento de porcelana convencional usando tecnologia odontológica manual convencional por técnicos dentários. No entanto, há vantagens em usar CAD/CAM: novos materiais são seguros, esteticamente agradáveis e duráveis; maior eficiência no processamento laboratorial; confecção rápida da restauração; e controle de qualidade das restaurações, como ajuste, durabilidade mecânica e previsibilidade. Essas vantagens acabarão por beneficiar nossos pacientes. cerâmica odontológica

Devido ao rápido progresso em novas tecnologias, especialmente tecnologia óptica, novos digitalizadores intra orais estão agora disponíveis. Espera-se que a aplicação de sistemas CAD/CAM odontológicos mude para a quarta geração.

Pelo menos quatro sistemas intraorais comerciais scanners estão no mercado.

A informação ainda é limitada e a precisão da manipulação e digitalização parece incerta. No entanto, espera-se que a quarta geração esteja disponível para uso na clínica em um futuro próximo. Além das ferramentas para confecção de restaurações, a tecnologia computacional está agora disponível para ferramentas de comunicação com pacientes, exame e diagnóstico, planejamento de tratamento e cirurgia guiada em todas as áreas da odontologia. A odontologia digital está se tornando uma palavra-chave para o futuro da odontologia.

A porcelana é usada na odontologia há 100 anos. As propriedades mecânicas de cerâmicas frágeis podem ser avaliadas pela tenacidade à fratura e resistência à flexão. A estética é sua maior vantagem, mas a fragilidade para restaurações de suporte de carga é seu ponto mais fraco. O processo convencional de queima de acúmulo de pó foi inovador, mas ainda é tecnicamente sensível. Portanto, restaurações de porcelana fundida em metal têm sido a primeira escolha para atender aos requisitos estéticos e de durabilidade da restauração. Existem dois métodos propostos para mudar para restaurações totalmente cerâmicas

O primeiro método é aplicar materiais vítreos reforçados em coroas individuais. O CAD/CAM é aplicado com eficiência para fabricar uma única coroa de materiais vítreos reforçados. O segundo método é fundir porcelana com cerâmica de alta resistência em vez de ligas. O denso material policristalino sinterizado de zircônia parece ser promissor para a aplicação na estrutura de pontes e até mesmo na superestrutura de implantes.

As propriedades mecânicas de cerâmicas frágeis podem ser avaliadas pela tenacidade à fratura e resistência à flexão. A porcelana convencional é um material vítreo; tenacidade à fratura é de aproximadamente 1,0 MPa m^{1/2} e flexão força é de aproximadamente 100 MPa. Este material não é forte o suficiente para restaurações molares de suporte de carga. Novas cerâmicas odontológicas melhoraram as propriedades mecânicas da porcelana convencional. Inicialmente, a porcelana era reforçada pela dispersão de cristais. A porcelana luminosa está amplamente disponível. Como o acúmulo de pó convencional e o procedimento de

queima são sensíveis à técnica, novos materiais cerâmicos de manipulação mais fácil foram desenvolvidos. Em resposta a esta demanda, as cerâmicas moldáveis e prensadas foram desenvolvidas e estão disponíveis para restaurações estéticas únicas. Além disso, blocos cerâmicos de vidro reforçados pré-fabricados estão disponíveis para fresagem usando um dispositivo CAD/CAM. A tenacidade à fratura destes materiais varia de 1,5 a 3,0 MPa $m^{1/2}$. No entanto, eles ainda estão disponíveis apenas para restaurações individuais.

Outro tipo de cerâmica inclui alumina e outros pós cerâmicos finos que são sinterizados porosa e o vidro é infiltrado entre os poros. Esses materiais são chamados de cerâmicas infiltradas com vidro e incluem a conhecida marca In-Ceram. Sua tenacidade à fratura varia de 3 a 5 MPa $m^{1/2}$. Esses materiais foram aplicados em restaurações de prognóstico de pontes, não foi mais satisfatório.

Finalmente, cerâmicas policristalinas densas industriais, como alumina, zircônia e compostos de alumina-zircônia, estão atualmente disponíveis com a aplicação da tecnologia CAD/CAM usando um centro de usinagem em rede. Em particular, a zircônia tetragonal parcialmente estabilizada com ítrio policristalina (YTZP) tem uma resistência à fratura muito alta de 5 a 10 MPa $m^{1/2}$. Quando uma trinca na YTZP, a se inicia concentração de tensões no topo da trinca faz com que o cristal tetragonal se transforme em um cristal monoclinico com expansão volumétrica. Isso evita a propagação de rachaduras.

Além disso, os nanocompósitos de alumina-zircônia desenvolvidos no Japão são muito resistentes com uma tenacidade à fratura de 19 MPa $m^{1/2}$ e uma resistência à aplicação de coroas de cerâmica de vidro da cor do dente fabricadas por CAD/CAM. Atualmente, blocos de cerâmica de vidro reforçados pré-fabricados estão disponíveis para fresagem usando um dispositivo CAD/CAM. As propriedades mecânicas das cerâmicas de vidro reforçadas com leucita são iguais ou superiores às do esmalte dentário. No entanto, materiais com essas propriedades não estavam convencionalmente disponíveis para substituir o esmalte, mesmo para uma única coroa. As coroas de vitrocerâmica podem ser fabricadas automaticamente sem qualquer trabalho manual sensível usando um processo CAD/CAM. Um bloco de vitrocerâmica para fresagem. Não há porosidade interna por causa do bloco pré-fabricado usado na fábrica. O ajuste da coroa é excelente com uma espessura de cimento na margem inferior a 20 μm .

Moura B. B. R. *et al.*, em 2015 através de uma revisão bibliográfica mostraram que a tecnologia CAD/CAM já era muito utilizada em vários ramos da indústria quando, em 1971, foi introduzida na odontologia. Os sistemas CAD/CAM são constituídos por um componente capaz de digitalizar um objeto, permitindo que uma estrutura seja projetada sobre ele com a implementação desta tecnologia na área odontológica teve como objetivo promover a automatização e padronização do processo de fabricação de próteses e restaurações, assim como reduzir os custos da produção. Entre as vantagens da utilização destes sistemas destacam-se a melhor reprodutibilidade e precisão dimensional, menor tempo de confecção, possibilidade de utilização de novos sistemas cerâmicos, (mais resistentes) e confecção de restaurações totalmente em cerâmica, que possuem estética superior quando comparadas às metalocerâmicas produzidas pelas técnicas convencionais (TORRES *et al.*, 2009; ANDREIUOLO *et al.*, 2011; CORREIA *et al.*, 2006).

Tendo em vista as vantagens apresentadas pelo sistema CAD/CAM, entende-se que, esta é uma tecnologia próspera, mas que ainda não está plenamente difundida entre os profissionais e estudantes da odontologia. Por essa razão, este trabalho objetiva, através de uma revisão de literatura, descrever as etapas de produção, os sistemas disponíveis, tipos e propriedades dos materiais que podem ser utilizados, assim como os benefícios e as limitações desta tecnologia para que se possa fazer uma correta indicação do seu uso. A sociedade em que vivemos é marcada pela crescente valorização da estética. Para atender a essa exigência as indústrias estão constantemente desenvolvendo novos produtos e tecnologias que conciliam estética, qualidade e longevidade (GUERRA *et al.*, 2002; GOMES *et al.*, 2008; PEIXOTO; AKAKI, 2008; GORDILHO *et al.*, 2009; BERNARDES *et al.*, 2012; CARVALHO *et al.*, 2012).

Por muitos anos, as restaurações metalocerâmicas constituíam a única opção estética para reabilitações, apresentando excelentes qualidades mecânicas. Entretanto, suas falhas referentes à estética, motivaram o desenvolvimento de restaurações puramente em cerâmica. Mas era preciso conciliar a estética com o restabelecimento da função, sendo então necessário o desenvolvimento de novos sistemas cerâmicos que possuíssem resistência adequada, justificando o seu emprego em restaurações puramente em cerâmica (CHRISTENSEN 2008;

PEIXOTO; AKAKI 2008; FASBINDER *et al.*, 2010; GARCIA *et al.*, 2011; BERNARDES *et al.*, 2012; CARVALHO *et al.*, 2012).

O termo CAD/CAM é um acrônimo das palavras computer aided design e computer aided manufacturing que, em livre tradução, significam “desenho guiado computador” e “fabricação guiada por computador”. Outro termo utilizado para nomear o mesmo sistema é o CAD/CAM, no Moura R. B. B.; Santos, T. C. A segunda sigla é originária de computer integrated machining. De forma simplificada, podemos dizer que o sistema CAD pode ser dividido em procedimentos intra orais e de laboratório e é um sistema composto por um scanner, que faz a varredura das estruturas a serem copiadas, seja em boca ou em modelos de gesso, e um computador com um software que irá receber estes dados e gerar uma imagem tridimensional das estruturas escaneadas. O software, além disso, permite que o operador do sistema seja o cirurgião dentista ou um técnico em prótese dentária faça o desenho virtual dos elementos necessários à reabilitação protética, reconfigurando forma e função com extrema acuidade e precisão. A partir deste desenho guia, é possível evoluir para o desenho virtual final de coroas totais, inlays, onlays, facetas, pilares personalizados, pontes fixas, copings e infraestruturas de pontes, entre outras (FUZO; DINATO, 2013).

Nesse contexto, a tecnologia CAD/CAM foi inserida na odontologia como uma aposta promissora, possibilitando a fabricação de restaurações totalmente cerâmicas sem o comprometimento da resistência mecânica. O uso da tecnologia CAD/CAM é uma importante ferramenta na construção das próteses sobre implantes, pois facilita o processo, diminuindo o tempo de trabalho, melhorando a adaptação e a passividade e proporcionando volume uniforme de porcelana. Atualmente, existem diferentes tipos de sistemas CAD/CAM disponíveis.

Para que o clínico possa se beneficiar com essa tecnologia é necessário avaliar a relação custo benefício, levando em consideração o fluxo de trabalho de quando a aquisição de um sistema CAD/CAM completo não for viável economicamente pode se optar pelos sistemas de impressão óptica para consultório, que realizam apenas a digitalização do preparo (LAVA C.O.S. 3M ESPE; iTero Cadent). Para a realização de todas as etapas de produção no próprio consultório existem os sistemas chairside (CEREC AC Sirona; E4D Dentist D4D).

Tariq F. *et al.*, em 2016. realizaram um estudo de revisão, onde investigaram os vários métodos, técnicas e vantagens da tecnologia CAD/CAM que serão

incluídas em três protocolos principais, incluindo impressões digitais, modelos digitais e articuladores virtuais e arco facial.

Deve-se notar que existem variações significativas e amplas em sistemas de aquisição, mecanismos de projeto CAD e processos de fabricação CAM. Conseqüentemente, deve-se afirmar que todo sistema pode não ser capaz de desenvolver toda a gama de restaurações necessárias para abordar soluções protéticas individuais.

Os sistemas CAD/CAM são compostos de três partes principais, uma unidade de aquisição de dados, que coleta os dados da área da preparação, estruturas adjacentes e opostas e os converte em impressões virtuais, por meio de scanners intraorais (CAD/CAM de consultório ou CAD em consultório ou sistemas de aquisição de imagem) ou indiretamente por meio de um modelo de pedra gerado por meio de uma impressão convencional; software para projetar restaurações virtuais em um molde de trabalho virtual e, em seguida, calcular os parâmetros de fresagem; e um dispositivo de fresagem computadorizado para fabricar a restauração a partir de um bloco sólido de material restaurador ou manufatura aditiva.

Os sistemas CAD/CAM são classificados em sistemas laboratoriais e sistemas chairside. O sistema de laboratório é ainda mais classificado em laboratório CAD/CAM em que a empresa possui seu próprio scanner e unidades de fresagem (por exemplo, Amann Girrbach, 3M ESPE, Sirona Dental Systems, Zirkon Zahn, vhf camufacture AG, Weiland Dental, Pou-Yuen e U-Best Dental, Planmeca, KaVo Dental, Dentsply Prosthetics) enquanto sistemas CAD (Computer Aided Design) em que a empresa possui apenas o scanner (por exemplo, D2000, 3 Shape; Dental Wings 7 series, Dental Wings; IScan D104, Imetric 3D SA; Ceramill Map, AmannGirrbach; Activity 850 3D, Smart Optics) e sistemas CAM (Computer Aided Manufacture) nos quais a empresa mantém a unidade da fresadora (por exemplo, DWX-50, Roland DGA Corporation; inLab MC X5, Sirona; M5, Zirkonzahn; Tizian Cut 5 Smart, Schütz Dental; S2 Modelo, vhf camufacture AG; Ceramill Motion 2, Amann Girrbach).

O sistema CAD/CAM chairside é ainda classificado em (1) sistema CAD/ CAM chairside no qual a empresa possui seu próprio scanner e unidades de fresagem (Sirona e Planmeca); e sistema de aquisição de imagem no qual a empresa possui apenas um scanner sem recursos de design (por exemplo, True Definition Scanner, 3M ESPE; iTero, Align Technology, Inc; Trios, 3Shape; Apollo DI, Sirona; CS 3500,

Carestream Dental LLC) . Estes, por sua vez, devem ser conectados a um scanner de laboratório aberto para o desenho da futura prótese e restauração.

As câmeras intraorais são scanners ópticos e podem ser separadas em dois tipos, câmeras de imagem única que gravam imagens individuais da dentição. As câmeras iTero (Align Technology), PlanScan (Plan meca), CS 3500 (Carestream Dental LLC) e Trios (3 formas) são câmeras de imagem única que registram cerca de três dentes em uma única imagem. Para registrar áreas maiores da dentição, uma série de imagens individuais sobrepostas é registrada de forma que o programa de software possa montá-las em um modelo virtual tridimensional maior. A câmera é posicionada em diferentes ângulos para garantir o registro preciso dos dados abaixo da altura do contorno que ficaria oculto da câmera se apenas uma visão oclusal fosse obtida. Essas áreas não visualizadas pela câmera nas imagens sobrepostas seriam então extrapoladas pelo programa de software para preencher as áreas de dados ausentes no modo virtual; e câmeras de vídeo que são usadas pelo scanner True Definition (versão mais recente do Lava Chairside Oral Scanner, COS), sistemas Apollo DI (Sirona) e OmniCam (Sirona).

Os scanners de laboratório são classificados em scanners ópticos que usam a projeção de uma grade de luz de medição nas estruturas dentárias sob um ângulo definido, causando uma mudança de fase dependente da profundidade da grade, que a câmera registra em seu sensor digital. O computador calcula os dados 3D da estrutura dentária a partir da imagem da grade de medição modulada em profundidade; e scanners mecânicos, em que com o scanner (por exemplo, Procera Scanner da Nobel Biocare), é capaz de ler um molde mestre mecanicamente linha por linha por meio de uma bola de rubi para obter medições 3D.

Dependendo do sistema, o clínico tem duas opções de escaneamento intraoral para desenvolver a restauração final, escaneamento pré operatório que permite incorporar o contorno anatômico existente e os planos oclusais na restauração final; e, escaneamento pós-operatório da preparação apenas com o desenho CAD sendo extrapolado de pontos de dados selecionados na imagem adquirida, e que pode ser combinado com uma biblioteca interna de desenhos anatômicos do dente contidos no banco de dados do computador.

O paciente recebe uma preparação padrão do dente pilar sob critérios clínicos. As margens do preparo podem ser expostas por uma técnica de retração com fio (uso de fios de retração com técnicas de fio duplo ou único) ou técnica de

retração sem fio (Expasyl, Kerr; Racegel, Septodont; Traxodent, Premier; Gingi Trac, Centrix). Uma vez que a margem foi exposta, o operador manobra o controle para permitir que a ponta do scanner deslize sobre o dente em várias direções, dependendo do protocolo sequencial do fabricante para capturar as imagens, porque a maioria dos sistemas precisa de um caminho de digitalização específico para obter resultados de digitalização precisos. Depois que o escaneamento do dente preparado é concluído, os antagonistas do arco oposto são escaneados exatamente da mesma maneira.

Para coroas de implantes, os pilares de cicatrização com marcadores ópticos podem ser digitalizados diretamente ou o dentista pode capturar digitalmente um corpo de digitalização assentado no implante. Um scan body é um coping de plástico ou metal com marcadores que fornecem registro 3D da localização do implante. Todos os scanners intraorais são capazes de escanear corpos de escaneamento de implantes, mas a diferença é a compatibilidade do scanner intraoral com os diferentes fabricantes de implantes. Por exemplo, o sistema Sirona CAD/CAM tem a capacidade de escanear a fabricação de pilares de implantes com o scanner CEREC Omnicam de consultório, como Certain (conexão externa), Astra Tech OsseoSpeed e Frialit/Xive. Depois que o escaneamento do corpo, indicando a posição do nível do implante na mandíbula, é registrado, o arquivo de dados 3D pode ser usado para projetar e fresar a coroa. Isso pode ser feito na cadeira, no consultório por um assistente ou técnico em prótese dentária, ou o arquivo pode ser enviado para um laboratório equipado com CAD/CAM ou centro de produção para fabricação de pilares e coroas, que pode incluir a fabricação de uma coroa monolítica de pilares. Alternativamente, pilares de cicatrização com marcadores ópticos podem ser digitalizados com um scanner intraoral e gerar pilares de implantes e restaurações cimentadas sem o uso de materiais de impressão, pedra dentária ou copings e análogos de impressão de implantes]. Um estudo relatou que os moldes definitivos de implantes fabricados a partir de impressões de pilares de cicatrização codificados foram considerados menos precisos do que aqueles fabricados a partir de uma moldeira aberta com a técnica de copings de impressão ferulizados para restaurar 2 pares (108 ou 308) de implantes de conexão interna convergentes com implantes não restaurações de implantes de 2 unidades espiantadas retidas por parafuso. A precisão do ajuste não foi influenciada pela

angulação ou posição do implante para qualquer técnica de impressão ou pela altura do pilar de cicatrização codificado para a técnica de impressão codificada.

No Método 2 este método de construção permite a fabricação de moldes de trabalho de poliuretano. Uma vez desenvolvidos os modelos de trabalho, o modelo superior é montado no articulador físico usando um arco facial físico e o modelo mandibular é montado no modelo superior usando um registro interoclusal físico padrão. Dependendo do tipo de scanner de laboratório usado, o articulador físico é então inserido com moldes maxilares e mandibulares montados no scanner de laboratório ou os moldes maxilares e mandibulares montados são transferidos do articulador físico por meio de um kit de transferência ou placa que é então inserido no scanner de laboratório. Este método é considerado o melhor devido às vantagens dos moldes de poliuretano.

No Método 3 as impressões físicas, incluindo apenas os dentes, são escaneadas com um scanner de laboratório. Um registro interoclusal padrão também é obtido. Este método oferece uma dupla opção. A primeira opção é que o registro físico seja escaneado com a impressão para gerar moldes virtuais 3D; e a segunda opção segue o mesmo protocolo do Método 2. Este método não é recomendado porque não há literatura para provar que a precisão da margem da restauração da digitalização da impressão é aprimorada e pode ser diminuída se houver um rebaixo na preparação.

No Método 4, as impressões físicas são vazadas com produtos de gesso, incluindo dentes e implantes. Os modelos maxilar e mandibular podem ser gerenciados com dois protocolos diferentes: (A) o modelo superior é montado no articulador físico usando um arco facial físico e o modelo mandibular é montado no modelo superior usando um registro interoclusal físico. Mais uma vez, dependendo do tipo de scanner usado, o articulador físico é inserido com os moldes maxilares e mandibulares montados no scanner de laboratório ou os moldes maxilares e mandibulares montados são transferidos do articulador físico por meio de um kit de transferência ou placa que é então inserido no scanner de laboratório. (B). Os modelos maxilares e mandibulares são inseridos sem um registro interoclusal no scanner de laboratório e, em seguida, escaneados com montagem virtual dos modelos no articulador virtual. Este método é o mais utilizado e é indicado para restaurações monolíticas e coping/framework. Fluëgge *et al.* relataram que a digitalização com o scanner intraoral (iTero) é menos precisa do que a digitalização

com o scanner de laboratório (D250) devido à presença de saliva, sangue, gengiva móvel e translucidez dos dentes. O escaneamento intraoral com o iTero é menos preciso do que o escaneamento de modelo com o iTero. Para planejamento de tratamento e fabricação de aparelhos dentossuportados, modelos virtuais criados com o iTero podem ser usados. Um protocolo de escaneamento estendido pode melhorar os resultados do escaneamento em algumas regiões.

O arco facial é usado em conjunto com um articulador para relacionar o arco maxilar aos eixos da dobradiça condilar nos três planos do espaço. Um arco facial é um dispositivo mecânico que usa uma localização de tripé para as duas referências posteriores, aproximando cada uma das ATMs e um ponto de referência anterior para relacionar o modelo maxilar verticalmente ao plano de referência horizontal selecionado. Esta transferência é crítica para extensa reabilitação oral e pode ser feita por dois métodos. O articulador virtual CAD/CAM réplica um articulador mecânico totalmente ajustável.

O primeiro método requer que o arco facial mecânico seja adaptado ao paciente e depois transferido para o articulador mecânico para montar o modelo maxilar. Posteriormente, o articulador mecânico é transferido para o articulador virtual inserindo o articulador mecânico com os moldes maxilar e mandibular montados (por exemplo, inEos X5, Sirona) ou os moldes maxilar e mandibular são fixados com um conjunto de transferência (Ceramill map400, Amann Girrbach) ou placa (por exemplo, D2000, 3 Shape) individualmente dependendo do tipo de scanner de laboratório. Este método não pode ser usado para próteses totais, várias empresas customizaram um virtual .

O segundo método é implementar um arco facial virtual usando escaneamento óptico e uma nova metodologia baseada em engenharia reversa escaneando seis pontos com uma cabeça de referência mais eixos transversais horizontais para transferir a posição exata do molde maxilar para o articulador virtual. As arcadas superior e inferior são digitalizadas com um scanner óptico (scanner intraoral) conectado a um computador pessoal com software específico. Três pontos extra orais são determinados na cabeça do paciente (dois pontos nas articulações temporomandibulares e um no ponto infraorbital logo abaixo do olho esquerdo) para gerar o plano horizontal. Em seguida, papel articulador é colocado no garfo metálico plano do arco facial, que é colocado nos dentes superiores, e três pontos intraorais (cúspides mais proeminentes) são determinados para gerar o plano

oclusal. O total de seis pontos pode criar um sistema de coordenadas cranianas com diferentes softwares de engenharia reversa em que o sistema de coordenadas cranianas do paciente coincide com o sistema de coordenadas cranianas do articulador virtual. Portanto, o modelo digital superior é transferido para o software do articulador virtual (montagem virtual do modelo superior no articulador virtual em oclusão cêntrica). Finalmente, o paciente é instruído a fechar a boca em oclusão cêntrica e a varredura bucal (registro oclusal digital) é realizada em três direções diferentes (direita, esquerda, frontal) usando varredura intraoral para orientar o modelo digital mandibular para o modelo digital superior no articulador virtual em oclusão cêntrica (montagem virtual do modelo mandibular no modelo superior).

Este método é indicado para restaurações de contorno total a serem fabricadas apenas com fresagem.

Esta é a última fase do processo CAD/CAM odontológico. Envolve o desenvolvimento de uma restauração a partir de um modelo CAD em uma peça física que passa por processamento, acabamento e polimento antes de ser inserida na boca do paciente.

Os dois principais métodos usados para fabricar essas restaurações podem ser subtrativos (fresagem e retificação) ou fabricação aditiva (Protótipo Rápido, RP ou impressão 3D).

A tecnologia de fresagem/usinagem é um tipo de fabricação de restauração que utiliza a tecnologia de fabricação por subtração de grandes blocos sólidos. A tecnologia com a qual os dentistas e técnicos estão familiarizados é a usinagem controlada numericamente por computador (CNC), que se baseia em processos nos quais máquinas-ferramentas acionadas por força são usadas com uma ferramenta de corte afiada para cortar mecanicamente o material para obter a geometria desejada com todas as etapas controlado por um programa de computador.

Konstantinos M. *et al.*, em 2016 através de uma revisão sistemática que as impressões digitais em implantes e próteses fixas têm várias vantagens em comparação com as técnicas convencionais, como a eliminação das etapas de produção laboratorial que podem causar desajustes, menor tempo de transporte entre a clínica e o laboratório dentário e redução do desconforto do paciente. No entanto, as impressões convencionais mostraram alta precisão de detalhes e atualmente são usados rotineiramente e com sucesso. Faltam estudos clínicos comparando essas duas técnicas diferentes in vivo, embora existam estudos in vitro

medindo o ajuste marginal e interno de restaurações dentárias fabricadas com técnicas convencionais e digitais. O objetivo desta revisão sistemática foi comparar a adaptação marginal e interna de restaurações dentárias fixas confeccionadas com técnicas digitais àquelas fabricadas usando técnicas de impressão convencionais e para determinar os efeitos de diferentes variáveis na precisão do ajuste.

O estudo mostrou que as restaurações confeccionadas nos grupos de moldagem digital mostraram um intervalo marginal nominalmente menor, mas não estatisticamente significativo, do que aquelas fabricadas nos grupos de moldagem convencional. Os SMDs gerais para o gap marginal e gaps internos. Uma heterogeneidade estatisticamente significativa foi encontrada no SMD em ambas as análises. Em relação às questões secundárias do PICO, heterogeneidade estatisticamente significativa foi encontrada nos valores médios ponderados gerais em 3 das 4 análises.

Em relação à primeira questão secundária do PICO, uma matriz digital levou a uma lacuna menor do que a matriz SLA/poliuretano ($P = 0,009$). Em relação à segunda questão secundária do PICO, nos grupos convencionais, as restaurações fundidas forneceram a menor lacuna interna ponderada do subgrupo em comparação com Restaurações CAD/CAM e restaurações fabricadas com a técnica de prensagem. Nos grupos digitais, as restaurações confeccionadas com a tecnologia CAD/CAM apresentaram gaps marginais e internos menores do que as restaurações fabricadas com a técnica de prensagem.

Em relação à terceira questão PICO secundária, as restaurações de vitrocerâmica mostraram a maior lacuna interna nos grupos digital e convencional separadamente em comparação com as restaurações de zircônia e liga metálica. Além disso, a lacuna marginal nos grupos digitais mostrou que as restaurações de liga metálica produziram a menor lacuna, seguida pela de vitrocerâmica, enquanto as restaurações de zircônia mostraram a maior lacuna marginal. Em relação à quarta questão secundária do PICO, nos grupos digitais, os FDPs forneceram lacunas marginais e internas menores do que os SCs.

Em grupos convencionais, os SCs forneceram menor lacuna interna do que os FDPs. Em relação à quinta questão secundária do PICO, nos grupos de moldagem convencionais, o material de moldagem PVS forneceu um valor nominal de lacuna interna menor do que o material de PE.

Usando ferramentas de avaliação apropriadas, um risco médio de viés foi atribuído aos 2 ensaios in vivo. A análise mostrou que as coroas de zircônia fabricadas a partir de impressões digitais intra orais demonstraram lacunas marginais significativamente menores do que as coroas de zircônia fabricadas com a impressão convencional técnica.

Resultados semelhantes foram obtidos em outro estudo in vivo, mostrando que as coroas de cerâmica à base de zircônia fabricadas por impressão digital exibiram melhor ajuste marginal e interno do que as coroas fabricadas a partir de impressões convencionais.

Em um estudo in vitro no ano de 2017 Shembisha A. Fatma, *et al.*, investigaram a resistência à fadiga por contato deslizante e os modos de dano de uma resina composta indireta recentemente desenvolvida para aplicações CAD/CAM. Os resultados suportam a hipótese de que as coroas molares compostas de resina CAD/CAM têm melhor resistência à fratura por fadiga do que as coroas molares de vitrocerâmica reforçadas com leucita. Seguindo os perfis de estresse mais severos que o simulador de mastigação poderia fornecer (uma carga máxima de fadiga de 1700 N), nenhuma das coroas de resina composta apresentou falha catastrófica. Por contraste, nenhuma amostra do grupo de vitrocerâmica leucita sobreviveu a cargas de indentação de 650 N. Vista oclusal e vista vestibular de um padrão de fratura típico dos materiais vitrocerâmicos (carga de indentação de 475 N a 220.000 ciclos de carga). Vista oclusal e (d) vista em corte de uma coroa vitrocerâmica (carga de indentação de 550 N a 250.000 ciclos de carga) exibindo extensa formação de trincas. Probabilidade de falha do IPS Empress CAD (distribuição de Weibull) versus carga com limites de confiança bilateral de 90% (linhas tracejadas). Todas as coroas de cerâmica de vidro falharam na forma de fraturas por lascamento durante a fadiga por estresse por movimento da boca em um Os modos de dano sustentados no sistema de coroa/pilar de resina composta CAD/CAM foram investigados: trincas parciais induzidas por contato deslizante e trincas cônicas internas induzidas por impacto iniciadas na superfície oclusal e propagadas para dentro, mas não através do material restaurador (observadas em todos os casos). Fissuras radiais induzidas por flexão, observadas apenas em dois casos, iniciadas na superfície de cimentação. Embora três modos de trinca tenham sido identificados, as trincas eram relativamente pequenas em comparação com a espessura da coroa, mesmo após 1200 N e 170.000 ciclos de carregamento.

Rachaduras cônicas parciais de contato deslizante (100– 500m), que têm cerca de 1/10–1/4 da espessura da coroa (2000m).

Rachaduras de cone interno induzidas por impacto (100-300m) que são cerca de 1/10-1/5 da mesma espessura da coroa. Dois casos de trincas radiais, no entanto, são aproximadamente 1/10 e 1/2 da espessura da coroa, respectivamente. A propagação dessas rachaduras cônicas induzidas por contato próximo e rachaduras radiais de flexão de campo distante levando a fraturas de fragmentação e em massa das coroas de resina composta indireta exigiriam cargas de indentação mais altas ou maior número de ciclos de carga. Todas as coroas de cerâmica de vidro falharam na forma de fraturas por lascamento durante a fadiga por estresse por movimento da boca em um nível de carga de indentação de 450 N ou superior. Uma taxa de sobrevivência de 90% foi estimada para uma missão de 1.250.000 ciclos a 200 N, o que equivale a aproximadamente 5 anos de sobrevivência clínica em função oclusal. Uma revisão sistemática de Heintze e Rousson [54] incluiu sete estudos clínicos envolvendo 1.487 coroas IPS Empress cimentadas adesivamente e concluiu que o risco de falha dessas coroas era de 16 em cada 1.000 coroas por ano para molares. Isso indica que as coroas Empress CAD têm bom desempenho clínico, com a principal causa relatada de falha clínica sendo fraturas por lascamento. Da mesma forma, no presente estudo, todas as coroas vitrocerâmicas falharam por fraturas lasca. Esses resultados são consistentes com outros estudos que mostram robustez mecânica de materiais de resina composta indireta em comparação com materiais cerâmicos. Magne e colaboradores conduziram uma série de estudos sobre a resistência à fratura por fadiga de resina composta CAD/CAM (Paradigm MZ100). Eles mostraram que a resistência à fadiga das facetas oclusais posteriores Paradigm MZ100 com várias espessuras superou suas contrapartes de cerâmica (IPS Empress CAD ou IPS e.max CAD). Os achados atuais também são apoiados por Johnson *et al.*, que determinaram o efeito do tipo de material e espessura da restauração na resistência à fratura de facetas oclusais posteriores feitas de materiais compostos de resina fresados por computador (Paradigm MZ100 e Lava Ultimate). Os autores relataram que as facetas oclusais feitas com as resinas compostas testadas provavelmente sobreviverão às forças oclusais, independentemente da espessura da restauração, com as fabricadas com Lava Ultimate sendo mais propensas a sobreviver a cargas mais altas .

Kassem et ai. [23] também estudaram o efeito da carga cíclica compressiva na resistência à fadiga e microinfiltração de molares monolíticos CAD/ CAM de cerâmica e coroas de resina composta, e observaram que todas as coroas de resina composta sobreviveram após 1.000.000 ciclos de carga cíclica compressiva, mais resistentes à fadiga do que Cerâmica VMII (VITABLOCK Mark II) coroas.

As principais razões possivelmente relacionadas à excelente confiabilidade à fadiga do compósito de resina nanohíbrida CAD/CAM neste estudo são: Em primeiro lugar, o alto carregamento de carga que é possibilitado por uma estrutura híbrida que consiste em partículas discretas extremamente pequenas em nanoescala (4-20 nm) e aglomerados de nanopartículas (0,6–10µm) em segundo lugar, o processo CAD/CAM utiliza blocos, que são fabricados nas condições padrão, produzindo um material mais homogêneo, denso e confiável, finalmente, devido ao módulo de elasticidade semelhante do material restaurador ao módulo efetivo do pilar (Z100) e cimento à base de resina, cargas de indentação extremamente altas são necessárias para iniciar trincas radiais induzidas por flexão na superfície de cimento. Devido à alta resistência à fratura por fadiga apresentada pelas coroas Lava Ultimate, este material pode ser indicado para pacientes com atividade parafuncional. A manifestação do bruxismo pode ser ranger ou apertamento, ambos gerando altas cargas/estresses nas estruturas dentais e restaurações. Os resultados deste estudo in vitro demonstraram que as coroas molares de resina composta indireta têm excelente resistência a danos por fadiga de contato. Esses achados sugerem um nível de resistência à fratura que pode ser clinicamente aceitável. Como as coroas dos molares estão sujeitas a altas tensões de mastigação, elas são vulneráveis à fratura. Portanto, este material nanohíbrido CAD/CAM recém-desenvolvido pode ser indicado para aplicações em coroas posteriores, pois atende aos requisitos mecânicos para áreas de suporte de alta tensão. Até agora, nenhum estudo clínico para este material de coroa foi publicado para confirmar esta suposição.

Durante o desenvolvimento deste manuscrito, a 3M ESPE anunciou a remoção da indicação de coroa de cobertura total para Lava Ultimate devido a um problema de descolagem maior do que o previsto, enquanto este produto continua a ser indicado para inlays, onlays e restaurações de facetas. Uma vez que o Lava Ultimate demonstrou uma resistência superior à fratura por fadiga, pesquisas futuras devem se concentrar na propriedade de ligação de resina deste material, a fim de

estender suas indicações clínicas para total coroas. coroas de cobertura. As principais razões possivelmente relacionadas à excelente confiabilidade à fadiga do compósito de resina nanohíbrida CAD/CAM neste estudo são: Em primeiro lugar, o alto carregamento de carga que é possibilitado por uma estrutura híbrida que consiste em partículas discretas extremamente pequenas em nanoescala (4-20 nm) e aglomerados de nanopartículas (0,6–10µm), em segundo lugar, o processo CAD/CAM utiliza blocos, que são fabricados nas condições padrão, produzindo um material mais homogêneo, denso e confiável, finalmente, devido ao módulo de elasticidade semelhante do material restaurador ao módulo efetivo do pilar (Z100) e cimento à base de resina, cargas de indentação extremamente altas são necessárias para iniciar trincas radiais induzidas por flexão na superfície de cimento. Devido à alta resistência à fratura por fadiga apresentada pelas coroas Lava Ultimate, este material pode ser indicado para pacientes com atividade parafuncional. A manifestação do bruxismo pode ser ranger ou apertamento, ambos gerando altas cargas/estresses nas estruturas dentais e restaurações. Os resultados deste estudo in vitro demonstraram que as coroas molares de resina composta indireta têm excelente resistência a danos por fadiga de contato. Esses achados sugerem um nível de resistência à fratura que pode ser clinicamente aceitável. Como as coroas dos molares estão sujeitas a altas tensões de mastigação, elas são vulneráveis à fratura. Portanto, este material nanohíbrido CAD/CAM recém-desenvolvido pode ser indicado para aplicações em coroas posteriores, pois atende aos requisitos mecânicos para áreas de suporte de alta tensão. Até agora, nenhum estudo clínico para este material de coroa foi publicado para confirmar esta suposição. Embora o Restaurador CAD/CAM Lava Ultimate tenha sido capaz de resistir a altas cargas oclusais do tipo parafuncional, ainda seria um desafio testar esses materiais em restaurações overlay quando pacientes com desgaste dentário severo precisam ser restaurados em dimensões verticais aumentadas por uma técnica minimamente invasiva preparação do dente. Nesses pacientes com bruxismo, a trituração compreende a maior parte do componente deslizante da mastigação (ou seja, sem bolo alimentar entre os dentes, causando contato direto dente com dente). A carga dentária em 1000-1400 N corresponderia a situações extremas com altas forças extrínsecas (trauma) ou acidentes mastigatórios intrínsecos (sob cargas de mastigação, mas entregues a uma pequena área devido a um corpo estranho duro, como um caroço ou semente, por exemplo). No entanto,

quando o projeto restaurador é alterado de uma coroa para uma restauração menos retentiva sobre camada, mais atenção deve ser dada à qualidade da interface cimento e espessura mínima do material, pois isso pode influenciar a resistência do complexo restaurador do dente.

Embora esteja claro que os compósitos podem sofrer degradações nas propriedades estruturais e de ligação devido à temperatura, pH e atividades bacterianas e enzimáticas, tais efeitos multifatoriais estão além do escopo deste estudo. Sentimos que é extremamente importante primeiro estabelecer o verdadeiro desempenho de fadiga dos compósitos antes que qualquer degradação significativa ocorra. Os resultados obtidos com esse estudo podem servir de referência para comparação com futuros estudos multifatoriais. O teste de fadiga de estresse acelerado tem sido usado para prever a probabilidade de falha de materiais restauradores dentários por vários grupos de pesquisa.. Este método foi validado por testes *in vitro* e os modos de falha de fadiga por estresse imitaram aqueles observados clinicamente. Com base nessas observações, o objetivo deste estudo foi elucidar o comportamento à fadiga do compósito à base de resina CAD/CAM em relação às coroas molares vitrocerâmicas. Em última análise, serão necessários ensaios clínicos para estabelecer se esses materiais são capazes de funcionar clinicamente.

Em 2019 Kyung C. O, *et al.*, através de um relato de caso clínico fizeram a confecção de próteses imediatas, especialmente para pacientes cujos dentes remanescentes têm um prognóstico desfavorável, é um processo complicado porque é impossível experimentar a prótese de cera antes do dente extração para examinar seu ajuste e aparência. Com o auxílio de tecnologias digitais, os dentes existentes podem aparecer e desaparecer na tela ajustando a transparência dos dados escaneados; esta informação é valiosa porque estes dados servem como um guia para a determinação das posições apropriadas das bordas oclusais e, portanto, como um índice para o arranjo do dente artificial. Em nosso caso, usamos a inclinação dos incisivos centrais inferiores como referência no plano sagital e o primeiro molar inferior direito como referência de altura no plano frontal.

Usamos os módulos para projetar barras que funcionam como anexos para próteses implantosuportadas ou retidas para projetar bordas oclusais porque, até onde sabemos, nenhum software possui módulos que permitem o design da borda oclusal. Os módulos para o desenho da barra permitiram a criação de um limite claro

entre as partes vertical e horizontal das bordas oclusais. Além disso, eles permitiram a medição da largura e altura das bordas oclusais.

Estabelecemos a oclusão entre os 2 rebordos oclusais por meio da aplicação de um menu “free-form” no software utilizado para fazer o rebordo oclusal maxilar seguir a superfície do rebordo oclusal mandibular. As bordas oclusais resultantes diferiram daquelas produzidas pelo método convencional, pois essas bordas foram fabricadas com um material de resina em vez de cera. Obtivemos moldes de diagnóstico despejando pedras dentais nas superfícies de entalhe da base da dentadura de teste de resina e conjuntos de aro oclusal de resina. Este procedimento permitiu a montagem da base de dentadura de teste de resina e conjuntos de borda oclusal de resina. Os dentes artificiais foram arranjados de maneira semelhante aos protocolos convencionais. Utilizamos um scanner intraoral para eliminar o risco de extração involuntária do dente, o que também beneficiou o paciente ao reduzir o número de consultas de tratamento, pois a relação interarcos foi obtida no mesmo dia em que as impressões foram feitas. Superamos as dificuldades de obter impressões das áreas vestibulares por meio do reembasamento das dentaduras com materiais de condicionamento de tecidos. As alterações dos tecidos moles como resultado da extração dentária precisam ser consideradas ao remover dentes residuais das impressões digitais intraorais. Além disso, a remoção da borda oclusal de resina pode ser um procedimento demorado. O desenvolvimento de vários módulos e a integração desses módulos no software permitiriam um fluxo de trabalho mais eficiente, principalmente por meio da redução da complexidade dos processos de projeto.

Através de uma revisão Mehmet Selim Bilgin em 2019 e *et al.*, tiveram como objetivo investigar o uso de desenho assistido por computador/fabricação assistida por computador (CAD/CAM), como tecnologias de fresagem e prototipagem rápida (RP) para a fabricação de próteses removíveis.

A tecnologia CAD/CAM refere-se ao design e fabricação digital. O software CAD reconhece a geometria de um objeto enquanto o software CAM é usado para a fabricação. O processo de fabricação CAD/CAM pode incluir manufatura aditiva (RP) ou subtrativa (usinagem por controle numérico computadorizado [CNC] (fresagem). A RP tem sido utilizada para fins industriais e foi desenvolvida a partir da tecnologia CAD/CAM. É usado para criar modelos físicos automaticamente a partir de dados tridimensionais (3D) computadorizados. A RP, também conhecida como fabricação

sólida de forma livre ou fabricação em camadas, tem sido usada para criar modelos complexos 3D no campo da medicina desde a década de 1990 e tornou-se recentemente populares para a fabricação de próteses dentárias removíveis. CAD/CAM e RP têm sido usados por vários anos para a fabricação de inlays, onlays, coroas, próteses parciais fixas, pilares/próteses de implantes e próteses maxilofaciais. Atualmente, não apenas restaurações fixas, mas também próteses removíveis são fabricadas usando CAD/CAM e RP. No entanto, poucos estudos relataram o uso e a eficácia da RP para a fabricação de próteses removíveis.

A técnica de fabricação subtrativa é baseada na fresagem do produto a partir de um bloco por uma máquina CNC.

O software CAM transfere automaticamente o modelo CAD para o caminho da ferramenta para a máquina CNC. Isso envolve computação que aponta o fresamento CNC, incluindo sequenciamento, ferramentas de fresamento e direção e magnitude do movimento da ferramenta. Devido às variações anatômicas da restauração dentária, as fresadoras combinam brocas com tamanhos diferentes. A precisão da fresagem é mostrada dentro de 10 μm . A primeira prótese removível baseada em litografia a laser 3D foi fabricada por Maeda *et al.*, em 1994.

Posteriormente, a técnica de duplicação da prótese removível foi aprimorada usando CAD/CAM com sistema de controle numérico computadorizado (CNC) e fresas de ponta esférica por Kawahata *et al.*, em 1997. Então, Sun *et al.*, frascos físicos individuais fabricados usando uma impressora 3D.

Impressões da maxila e mandíbula, edêntulas ou dentaduras existentes são submetidas a varredura a laser durante o CAD. Além disso, a tomografia computadorizada de feixe cônico é usada para a modificação de dentaduras anteriores. CNC, litografia a laser e RP são usados para o processo CAM.

Joda T, *et al.*, em 2020 através de um relato de caso na área de odontologia, uma das principais dificuldades hoje é a escolha dos materiais. Os materiais comercialmente disponíveis comumente usados para (Prototipagem Rápida).

(RP) são atualmente permitidos apenas para retenção intraoral de curto em médio prazo e, portanto, limitados a restaurações temporárias e ainda não destinados a reconstruções dentárias definitivas. A RP oferece grande potencial em tecnologia odontológica para produção em massa de modelos dentários, mas também para a fabricação de guias cirúrgicos para implantes.

Para essas indicações, não é necessária retenção intra oral prolongada. Do ponto de vista econômico, uma grande vantagem é a produção em grandes quantidades ao mesmo tempo de forma reproduzível e padronizada. Outra área importante de aplicação é o uso de modelos impressos em 3D na educação odontológica com base em CBCT ou μ CT. Um estudo inicial, no entanto, revelou que modelos dentários impressos em 3D podem mostrar mudanças na precisão dimensional em períodos de 4 semanas ou mais. Neste contexto, investigações adicionais comparando diferentes impressoras 3D e combinações de materiais são necessárias para esclarecimentos.

Em um futuro próximo, essas barreiras e limitações relacionadas ao material provavelmente serão quebradas. Muitos grupos de pesquisa estão focando no desenvolvimento de materiais impermeáveis para reconstruções dentárias, como o dióxido de zircônio (ZrO_2).

Este modo diferente de fabricação de estruturas de ZrO_2 pode nos permitir realizar geometrias totalmente inovadoras com corpos ocos que podem ser usados, por exemplo, para liberação de baixa dose dependente do tempo de agentes anti-inflamatórios em implantodontia. Um aspecto completamente revolucionário seria a síntese de biomateriais para criar artificialmente estruturas dentárias perdidas usando a tecnologia RP. Em vez de usar um banco de dados de dentes dentários pré-formados, um conjunto de dados dentários digitais específicos do paciente pode ser adquirido no momento da conclusão do crescimento e usado para futuras reconstruções dentárias. Além disso, todo o dente pode ser duplicado para servir como um implante individualizado.

A RP provavelmente oferecerá produção de baixo custo e soluções altamente personalizadas em várias áreas da medicina odontológica que podem ser adaptadas para atender às necessidades específicas de cada paciente.

AR é uma tecnologia interativa que aprimora um ambiente do mundo real por informações perceptivas animadas por computador. Em outras palavras, AR expande o mundo real com conteúdo virtual. Na maioria dos casos, é a sobreposição de informações digitais adicionais em imagens ou vídeos ao vivo. A RV(Realidade aumentada e virtual) (AR/VR) ao contrário, usa apenas cenários computadorizados artificiais sem conexão com a realidade. Dependendo da técnica, todas as formas concebíveis de sensação podem ser usadas, principalmente visual, auditiva e háptica, independentemente ou em qualquer combinação. Hoje, há um

número cada vez maior de aplicações para tecnologias AR/VR na medicina odontológica como um todo, bem como muitos desenvolvimentos interessantes para pacientes e profissionais de saúde . A IA (incluindo o ML) já invadiu e se estabeleceu no nosso cotidiano, embora de forma mais sutil, como as assistentes virtuais denominadas “Siri” ou “Alexa”. A base da IA é o poder crescente dos computadores de pensar e concluir tarefas atualmente executadas por humanos com maior velocidade, precisão e menor utilização de recursos. Portanto, a tecnologia de IA é perfeita para trabalhos que exigem análise e avaliação de grandes quantidades de dados. Atividades repetitivas são chatas e cansativas para os humanos em longo prazo, com maior risco de erro, enquanto aplicativos baseados em IA não mostram sinais de fadiga. Em contraste com os humanos, o processo de aprendizagem artificial resulta em um melhor desempenho constante com o aumento da carga de trabalho. Além disso, os computadores não são tendenciosos em comparação com os humanos, que vêm com preconceitos inatos e podem julgar as coisas prematuramente e de maneira diferente umas das outras. Dentro de alguns anos, AR/VR terá o potencial de revolucionar radicalmente a educação odontológica . O software AR/VR permite aos usuários sobrepor visualizações criadas virtualmente em gravações do paciente em movimento natural. Qualquer modelo 3D, por exemplo, um projeto protético de uma possível reconstrução, pode ser ampliado na situação individual do paciente para simular diversos resultados prospectivos com antecedência, sem etapas de trabalho invasivas. Esses modelos digitais podem ser visualizados em tempo real e facilitam a comunicação não apenas com o paciente para desmistificar as complexas etapas do tratamento, mas também entre os profissionais da odontologia para tornar o tratamento mais previsível e eficiente. No futuro, as possibilidades continuarão crescendo e ajudando a facilitar a rotina odontológica.

Uma indicação interessante é o aumento do planejamento de implante virtual baseado em CBCT diretamente na cavidade oral ou durante o uso de scanners intraorais (IOS), projeção e exibição da área detectada opticamente com óculos AR.

Outra área de interesse promissora é o setor de educação odontológica, transferindo conhecimento teórico e exercícios práticos para oferecer ensino interativo com acesso 24 horas por dia, 7 dias por semana e avaliação objetiva. O treinamento de habilidades motoras baseado em (Realidade aumentada e virtual) (AR/VR) AR/VR para preparação dentária facilita especialmente o aprendizado

eficiente e autônomo para estudantes de odontologia. Estudos iniciais mostraram que as tecnologias AR/VR estimulam mais os sentidos para aprender com mérito . Além disso, na pós-graduação, protocolos clínicos desafiadores e complexos podem ser treinados em um ambiente virtual completo sem riscos ou danos para pacientes reais; além disso, os especialistas podem manter continuamente suas habilidades enquanto treinam com simulações AR/VR. Dentro de alguns anos, AR/VR terá o potencial de revolucionar radicalmente a educação odontológica.

Em 2020 Antonio, Lo Giudice. *et al.*, através de um estudo in vivo mostraram que na odontologia contemporânea, todos os esforços devem ser feitos para melhorar a comunicação de informações diagnósticas e terapêuticas aos pacientes e entre os especialistas em odontologia. A este respeito, o planejamento virtual juntamente com a abordagem baseada em mock-up aumenta a previsibilidade das restaurações estéticas, uma vez que este fluxo de trabalho melhora a compreensão das expectativas dos pacientes, bem como melhora o processo de compartilhamento de informações entre prosthodontists e técnicos de laboratório . Assim, é possível correlacionar o enceramento com as características faciais e do sorriso do paciente, reduzindo o risco de discordância entre o enceramento e o mock-up clinicamente testado. Ao utilizar o planejamento virtual, no entanto, é fundamental que o mock-up não difere dos resultados pré-visualizados no software, a fim de evitar problemas de comunicação e perda de confiança do paciente.

Antes de explicar os dados da veracidade das maquetes, um breve comentário do protocolo apresentado neste estudo para o planejamento estético virtual é obrigatório. Pode-se argumentar que o uso de um software que inclua funcionalidades 2D e 3D (por exemplo, Exocad) agilizaria o fluxo de trabalho, tornando todo o processo mais fluente e eficiente. Em vez disso, usamos preliminarmente um software 2D para o design do sorriso pelas seguintes razões: 1) o método aplicado para padronização e calibração das imagens (óculos) não pode ser usado com o Exocad, 2) permite que os clínicos desenhem de maneira fácil e eficiente o novo contornos do sorriso, bem como modificar o planejamento virtual com o paciente vendo instantaneamente as mudanças e os resultados finais de acordo com suas preocupações. Nesse sentido, o planejamento virtual deve ser feito exclusivamente pelo clínico e não deve ser dele . A fase de moldagem do mock-up é um processo complexo com baixa confiabilidade em procedimentos específicos como o posicionamento da matriz, a prensagem da chave de silicone durante o

endurecimento da resina e a remoção da resina. Um estudo recente bem conduzido encontrou diferenças significativas na precisão entre maquetes moldadas e fresadas (fluxo de trabalho digital completo) em comparação com o enceramento original. Por exemplo, autores concluíram que o uso de maquetes moldadas reduziria a precisão da visualização do resultado estético final e que o enceramento totalmente digital com tecnologia de fresagem é mais confiável para o mesmo propósito. Até onde sabemos, este é o primeiro estudo na literatura que investiga a veracidade de dois mock-ups diferentes, ambos produzidos com uma tecnologia de fluxo de trabalho totalmente digital, respectivamente o mock-up fresado (resina metacrílica fotorreativa) e o mock prototipado -up (polimetil metacrilato). O projeto digital dos mock-ups finais foi realizado seguindo as diretrizes do design digital do sorriso 2D/3D e usando software dedicado. Em comparação com o projeto 3D digital original, as maquetes prototipadas apresentaram um incremento significativo nas medidas transversais (rU1w: + 0,24 IU1w: mm³ + 0,25, mm³ CCw: ups mostrou + 0,49 mm³) um incremento enquanto significativo a maquete fresada de todas as medições verticais (rU1h: + 0,38 mm³ IU1h: + 0,29 mm³) e transversais 0,32, CCw: (rU1w: + 0,86 +0,27 mm³). + mm³ Tais diferenças IU1w: + dimensionais com o projeto 3D original foram clinicamente insignificantes para as maquetes prototipadas, se considerarmos que elas apresentaram um bom encaixe após testes clínicos (dados não apresentados). Por outro lado, nenhum dos mock-ups fresados produzidos neste estudo relatou bom ajuste clínico (ou seja, nenhum encaixe estável ou adaptações clínicas significativas necessárias) (dados não mostrados) e nenhum foi usado para subseqüentes testes clínicos fonéticos e oclusais. Por hipótese, a produção de objetos finos (maquetes ou folheados) por meio de fresadora pode apresentar algumas dificuldades, pois a broca (ferramenta de corte) pode não penetrar adequadamente no bloco de resina, aumentando assim a dimensão final do objeto. A este respeito, estamos conscientes de que nosso estudo fornece algumas novas evidências, bem como novas questões não respondidas e mais estudos são certamente necessários.

Além disso, o diâmetro total (CCw) mostrou a faixa de desvio máximo em comparação com as outras medidas em maquetes fresadas e prototipadas, isso pode ser atribuído às diferenças na curvatura do arco na região canina . A esse respeito, deve-se ter cautela ao analisar esse parâmetro linear para fins de reabilitação estética, principalmente quando modelos virtuais 3D padrão são

selecionados da biblioteca digital disponível no software de design digital do sorriso. Antes de realizar os testes clínicos, as maquetes fresadas e prototipadas foram digitalizadas e os arquivos .stl obtidos foram sobrepostos ao projeto 3D original para avaliar a veracidade dos produtos finais. Além disso, as mesmas medidas lineares foram avaliadas nas maquetes digitalizadas e comparadas com as realizadas nas maquetes físicas e no projeto 3D. De acordo com a análise de desvio, verificamos que as maquetes fresadas escaneadas apresentaram maior veracidade em relação às maquetes prototipadas escaneadas, como confirmado pelas diferenças na porcentagem de correspondência com o projeto digital 3D (Projeto 3D/Fresado correspondência = 80,31%; correspondência de projeto 3D/prototipado = 69,17%). Esses dados contrastam com os achados obtidos nos ensaios clínicos, bem como com as medições realizadas nas maquetes físicas, porém podem ser explicados se considerarmos a tendência geral das medidas lineares realizadas nas maquetes escaneadas. De fato, encontramos uma redução significativa de todos os parâmetros lineares em mock-ups escaneados fresados e escaneados em comparação com os respectivos mock-ups físicos. Isso está de acordo com estudos anteriores sugerindo que após a digitalização CAD/CAM as mesmas medições realizadas no ambiente virtual podem ser reduzidas, provavelmente devido à computação algorítmica redutiva.

Conseqüentemente, o incremento dimensional registrado nas maquetes fresadas e prototipadas foram, de alguma forma, contrabalançados no ambiente virtual. Em particular, as maquetes fresadas digitalizadas não apresentaram diferenças dimensionais em relação ao projeto 3D, enquanto as maquetes prototipadas digitalizadas apresentaram uma redução estatisticamente significativa nas medidas verticais e transversais avaliadas. Novamente, isso está em contraste com as medições lineares realizadas nas maquetes físicas e explicaria por que as maquetes fresadas digitalizadas mostraram maior veracidade em comparação com as escaneadas. Maquetes prototipadas, de acordo com a análise dos desvios. Diante desses achados, deve-se ter cautela ao testar a veracidade de maquetes ou facetas digitalizadas, pois resultados obtidos em ambiente virtual a partir de objetos digitalizados (maquetes neste caso) podem não refletir diretamente a validação clínica da reabilitação protética .

Utilizamos a resina cinza para a produção de maquetes prototipadas. Esta escolha foi feita para o propósito da presente pesquisa (avaliação da veracidade das

maquetes), bem como para facilitar o exame de adequação. Do ponto de vista funcional, o teste clínico para validar a adaptabilidade dos mock-ups impressos em 3D deve ser realizado usando uma resina opaca para facilitar a detecção de áreas de contatos prematuros de mau encaixe. Isso também melhora a comunicação entre médicos e técnicos de laboratório. Do ponto de vista estético, ao contrário, a resina opaca não é adequada para mostrar aos pacientes a visualização realista das restaurações estéticas finais. Nesse sentido, a comunicação com o paciente deve ser realizada uma etapa antes do teste clínico funcional, pela visualização digital do sorriso desenhado ou pela visualização em boca de um mock-up branco produzido para esse fim.

Por último, mas não menos importante, é de sublinhar que a criação de maquetes fresadas ou impressas é sugerida nos casos em que é necessária uma adição significativa de material para reabilitação funcional e estética, caso contrário, a maquete moldada obtida a partir do modelo impresso ainda deve ser considerado o padrão-ouro.

As principais vantagens da impressão 3D sobre a fresadora para a produção de próteses são a quantidade mínima de material necessária, bem como a capacidade de criar vários produtos ao mesmo tempo, aumentando a eficiência clínica. De acordo com nossos achados, os mock-ups prototipados apresentaram menos alterações dimensionais do projeto 3D original em comparação com os mock-ups fresados, bem como uma melhor adaptação clínica. maquetes prototipadas, de acordo com a análise dos desvios. Diante desses achados, deve-se ter cautela ao testar a veracidade de maquetes ou facetas digitalizadas, pois resultados obtidos em ambiente virtual a partir de objetos digitalizados (maquetes neste caso) podem não refletir diretamente a validação clínica da reabilitação protética . subseqüentes testes clínicos fonéticos e oclusais. Por hipótese, a produção de objetos finos (maquetes ou folheados) por meio de fresadora pode apresentar algumas dificuldades, pois a broca (ferramenta de corte) pode não penetrar adequadamente no bloco de resina, aumentando assim a dimensão final do objeto. A este respeito, estamos conscientes de que nosso estudo fornece algumas novas evidências, bem como novas questões não respondidas e mais estudos são certamente necessários. No entanto, o presente estudo foi baseado em um pequeno tamanho de amostra e em uma única máquina fresada e impressora 3D, portanto, nossos achados devem ser tomados com cautela e conclusões definitivas não podem ser tiradas. A este respeito, ainda

são necessários mais estudos ex-vivo/in-vivo com grande tamanho de amostra e diferentes tecnologias de fresagem e prototipagem.

Resultados:

CAD-CAM a informática a serviço da prótese fixa

Ano	tipo	Autores	Teste	Resultado	Conclusão
2006,	Relato de caso	Correia Maia et al.,	Depois de selecionado o material, os blocos pré-fabricados são, então, confirmados a um processo subtrativo de fresagem segundo o número de eixos (3 a 6 eixos), dependendo de do sistema em questão. Para terminar a estrutura, são necessários, além da prova de inserção,	Ellingsen suportou que a adaptação marginal das coroas executadas com o CEREC 3D® era de $47,5 \mu\text{m} \pm 19 \mu\text{m}$ ²⁵ . Bindl, Mormann ²⁶ , em 2005, estudou a adaptação interna e marginal de coroas de cerâmica executadas pela tecnologia CAD-CAM (Cerec InLab®, Decim®, DCS® e Procera®) e por técnicas convencionais (In-Ceram Zircônia® e Empress 2 ®) e sofreram que não existiam diferenças entre elas. Num estudo realizado sobre coroas Procera All Ceram®, Kokubo et al., também em 2005, encontraram resultados aceitáveis do ponto de vista clínico. No mesmo ano, Reich et al. estudaram a adaptação marginal de próteses fixas de três elementos, fabricadas com três tipos de sistemas CAD CAM (Digident®, Cerec InLab® e Lava®), e não encontraram diferenças experimentadas comparativamente a coroas metálicas -cerâmicas convencionais, com exceção do sistema Digident®. Contudo, todos os resultados eram viáveis de um ponto de vista clínico.	A implementação da tecnologia CAD-CAM, com os seus diversos sistemas, ajuda a surtir esse efeito, não no sentido de uma "produção em série" (antes pelo contrário), mas sim num aperfeiçoamento na produção das restaurações, pela utilização do desenho e da confecção, assistidas por computador.

Ajuste marginal e interno de copings de zircônia obtidos por diferentes métodos de escaneamento digital

Ano	Tipo	Autores	Teste	Resultado	Conclusão
2006	In vitro	Pedroche L.O et al.,	Um primeiro molar inferior humano foi colocado em um tyodont e preparado para uma coroa totalmente cerâmica três diferentes métodos de digitalização digital foram realizados (n = 10): a. escaneamento digital intraoral digitalização direta); b. escaneamento de impressões de polivinil siloxano (digitalização indireta);	Dez copings de zircônia foram fabricados para cada grupo usando a tecnologia CAD-CAM. O ajuste marginal e interno dos copings de zircônia foi avaliado pela técnica de réplica de silicone. Quatro seções de cada réplica foram obtidas, e cada seção foi avaliada em quatro pontos: gap marginal (MG), parede axial (AW), borda axio-oclusal (AO) e parede centro-oclusal (CO), usando um software de análise de imagem . Os dados foram submetidos à ANOVA one-way e teste de Tukey ($\bar{y} = 0,05$). Eles mostraram diferenças estatisticamente significativas para MG, AO e CO. com coifas de zircônia estabilizadas com ítrio falham após 3 a 5 anos devido a cárie secundária, perda de retenção e lascamento da faceta de cerâmica. As duas primeiras causas podem ocorrer devido à dissolução do cimento de cimentação, que é consequência de deficiências na adaptação marginal da restauração protética .	A pesquisa concluiu se que o escaneamento digital intraoral forneceu um valor de intervalo médio menor para três dos quatro pontos de medição, em comparação com impressões convencionais e moldes de gesso digitalizados com um scanner de laboratório de bancada padrão.

Sistemas odontológicos CAD/CAM em implantodontia: atualização

Ano	tipo	Autores	Teste	Resultado	Conclusão
2009	in vitro	M ^a Ángeles Fuster Torres	1) Captura de dados usando sistemas ópticos ou varredura a laser, 2) CAD para o design da restauração e 3) CAM para produzir a restauração por meio das informações geradas pelo computador.	Captura de duplicatas dentárias anatômicas (gesso), geralmente usando um método de varredura a laser. Produtos comerciais como RapidForm® (RapidForm), Slim® (Slim), poly Works® (polyWorks) e Geometric Studio® (Geometric Studio) são usados para o pós processamento das malhas. CAD para o desenho geométrico da restauração. Esses sistemas CAD possuem algumas funções simples para alterar a geometria da restauração. CAM para fabricar a restauração. Os sistemas CAM usam informações assistidas por computador para moldar um objeto físico, usando métodos de subtração (que removem material de um bloco inicial para obter a forma desejada) ou usando métodos aditivos, usados na prototipagem rápida, cada vez mais usados em CAD/CAM oral tecnologia.	A tecnologia CAD/CAM aplicada à cirurgia de implantes permite a produção de coroas de alta resistência e alta densidade e a fabricação de pilares de implantes e guias cirúrgicos.

Moldagens digitais

Ano	Tipo	Autores	Teste	Resultado	Conclusão
2010	Relato de caso	Polido.,		Rheude et al.5 compararam o uso de modelos digitais com os modelos de gesso tradicionais no diagnóstico e plano de tratamento em Ortodontia.A conclusão é de que, na grande maioria dos casos, os modelos digitais podem ser usados com sucesso em documentos ortodônticos. De interesse foi o fato de que, à medida que os observadores usavam os modelos digitais, mais os diagnósticos se tornam semelhantes aos feitos com modelos convencionais. Isso indica que há uma pequena curva de aprendizado até que os modelos digitais possam ser comparados aos convencionais.	As vantagens significativas da moldagem digital vão tornar essa forma de escaneamento intrabucal um procedimento rotineiro na maioria dos aguardados nos próximos anos. Além disso, as moldagens digitais tendem a reduzir retornos e retratamentos, assim como aumentar a eficiência do tratamento. Os pacientes se beneficiam do maior conforto e da experiência muito mais positiva de ir ao dentista. Através do uso de moldes

Sistemas CAD/CAM disponíveis para a fabricação de restaurações de coroas e pontes

Ano	tipo	Autores	Teste	Resultado	Conclusão
2011	Relato de caso	,T Miyazaki e et al.,	Testamos a resistência de união da porcelana fundida às estruturas de zircônia (Fig. 12).36 Três pós de porcelana comercial foram fundidos à placa de zircônia para um teste de flexão (de acordo com a ISO 9693) para a porcelana fundida às coroas metálicas.	Resultado do teste de adesão da placa de porcelana fresada (IPS Empress CAD, Ivoclar Vivadent) aderida à placa de zircônia (IPS e max ZirCAD, Ivoclar Vivadent) usando três monômeros adesivos sob a norma ISO 9693. * indica a resistência de união após ciclos térmicos de 10 000 vezes a 560 C. até mesmo a força de união é diminuída após o ciclo térmico, e a força de adesão de espécimes aderidos é maior do que a de espécimes fundidos. Portanto, uma nova estrutura híbrida de coroas de porcelana CAD/ CAM aderidas ao CAD/CAM foi proposta uma estrutura de zircônia (PAZ) Nesse sistema, as estruturas de zircônia são digitalizadas e as coroas de porcelana também são fabricadas pelo processo CAD/CAM.	Este artigo analisa o estado atual e as perspectivas futuras da aplicação de sistemas odontológicos CAD/CAM, particularmente no campo da fabricação de restaurações de coroas e pontes. CAD/CAM é uma panaceia para a fabricação de coroas unitárias de vitrocerâmica (porcelana) No entanto, os tratamentos adesivos são obrigatórios para durabilidade. A porcelana fundida em estruturas de zircônia CAD/CAM parece ser uma opção favorável

Sistemas cerâmicos metal free: tecnologia CAD/CAM

Ano	Tipo	Autores	Teste	Resultado	Conclusão
2015	Revisão Bibliográfica	Moura R B B et al.,	Para que o clínico possa se beneficiar com essa tecnologia é necessário avaliar a relação custo benefício, levando em consideração o fluxo de trabalho de eu consultório e o tipo de sistema que será utilizado. Quando a aquisição de um sistema CAD/CAM completo não for viável economicamente pode se optar pelos sistemas de impressão óptica para consultório, que realizam apenas digitalização do preparo (LAVA C.O .S.3M ESPE; iTero Cadent).	As restaurações produzidas pela técnica. CAD/CAM possuem poucas desvantagens quando comparadas às produzidas pelas técnicas convencionais. Pode-se apontar como desvantagens o alto custo do equipamento e a necessidade de aprendizado quanto ao manejo dos aparelhos. algumas limitações são encontradas, mas estas não determinam a contraindicação da técnica, apenas implicam na necessidade de realização de algumas mudanças no processo, como por exemplo,o fato de que preparos subgingivais não podem ser digitalizados por câmeras intra orais, sendo necessária a realização de moldagem convencional e digitalização do modelo de gesso.	Os sistemas CAD/CAM são capazes de produzir restaurações de alta qualidade, tanto em relação à resistência mecânica quanto a adaptação marginal, estética e saúde dos tecidos moles. As restaurações produzidas com essa tecnologia apresentam qualidades semelhantes e até mesmo superiores às restaurações produzidas pelas técnicas convencionais.

Avanços na tecnologia CAD/CAM: opções para implementação prática

Ano	Tipo	Autores	Teste	Resultado	Conclusão
2016	Revisão sistemática	Tariq F. Alghazzawi BDS,	Os arcos maxilar e mandibular, incluindo dentes e implantes, são digitalizados usando um scanner intraoral ou unidade de aquisição de imagem. O registro interoclusal virtual é obtido por meio de uma varredura bucal na qual o paciente é instruído a fechar em máxima intercuspidação e o aspecto facial dos quadrantes opostos nessa posição estática é escaneado.	A tecnologia CAD / CAM tem vantagens, incluindo impressões digitais e modelos e uso de articuladores virtuais. No entanto, a implementação desta tecnologia ainda é considerada cara e requer pessoal altamente treinado. Atualmente, o software de design tem mais aplicações, incluindo próteses totais e estrutura removível para próteses parciais de trabalho. A precisão da fabricação da restauração pode ser melhor alcançada com unidades de fresamento 5 eixos. A tecnologia de impressão 3D foi incorporada à odontologia, mas não inclui cerâmicas e limita-se a polímeros. No futuro, as impressões ópticas serão substituídas por impressões de ultrassom usando ondas ultrassônicas, que têm a capacidade de penetrar na gengiva de forma não invasiva, sem cordões de retração e não ser afetada por fluidos.	Recentemente, vários aspectos dos sistemas CAD / CAM tiveram melhorias tecnológicas significativas. Isso inclui o desenvolvimento e aplicação de novos materiais, a introdução de software articulador virtual e desenvolvimento de scanners, a disponibilidade de fresamento mais eficiente e 3D máquinas de impressão e transferência de moldes digitalizados para o virtual articulador. de moldes digitalizados para virtual articulador. A próxima tendência para a maioria dos praticantes será o uso de uma câmera de aquisição conectada a um laptop com software apropriado e a capacidade de encaminhar a imagem para o laboratório. Todos os tipos de restaurações podem ser fresadas por um centro CAD/CAM interno exceto barras de titânio e próteses completas, que precisam ser enviadas para um centro de produção de modelos digitais ainda caro em comparação com os modelos de pedra.

Impressões digitais versus convencionais para prótese fixa

Ano	Tipo	Autores	Teste	Resultado	Conclusão
2016	Revisão sistemática	Konstantinos M. et al.,	Ensaio Clínico Controlado Randomizado		
			20 indivíduos deram consentimento informado e foram incluídos no estudo a sequência de foi randomizado usando envelopes de randomização dois examinadores calibrados e cegos "Dois pacientes desistiram; os motivos de abandono foram: exposição pulpar foi uma violação de protocolo" No estudo, a concordância entre os examinadores foi de 78% para contornos marginais, 92% para gap marginal, 89% para contato interproximal e 86% para oclusão	Restaurações fabricadas com técnicas de impressão digital exibirão menor desajuste marginal do que aquelas fabricadas com técnicas de impressão convencionais ($P < 0,05$). As lacunas marginais e internas foram maiores para moldes de pedra, enquanto as matrizes digitais produziram restaurações com as menores lacunas ($P < 0,05$). Quando uma impressão digital foi usada para gerar matrizes estereó litográficas os valores de desajuste foram intermediários. A técnica de fabricação, o tipo de restauração e o material de impressão não tiveram efeito nos valores de desajuste ($P > 0,05$) enquanto a matriz e os materiais de restauração foram estatisticamente associados ($P > 0,05$)	Embora as conclusões tenham sido baseadas principalmente em estudos in vitro, a técnica de impressão digital fornece melhor ajuste marginal e interno de restaurações fixa do que as técnicas convencionais.
			Ensaio Clínico Prospectivo Controlado		
			30 participantes foram incluídos no estudo e receberam 34 coroas unitárias de cerâmica de zircônia. Um operador randomizou a sequência. aplicativo de telefone		
			Não cego, mas conforme declarado "Dois investigadores treinados, que foram previamente calibrados calculados" "Dos 34 dentes, um dente caiu. "Foi calculada a média das duas medições.		

Resistência à fadiga de coroas molares de resina composta CAD/CAM

Ano	Tipo	Autores	Teste	Resultado	Conclusão
2015	In vitro	Fatma A., Hui Tong, et.al	. Coroas molares de resina composta totalmente anatômica (Lava Ultimate, n = 24) e coroas de vitrocerâmica reforçadas com leucita (IPS Empress CAD, n = 24) foram fabricadas usando sistemas CAD / CAM. As coroas foram cimentadas em resina semelhante a dentina envelhecida réplicas de dentes compostos (Filtek Z100) com cimentos à base de resina (RelyX Ultimate for Lava Ultimate ou Multiink Automix para IPS Empress).	Os resultados do teste de carga de ciclo único para fratura. A carga crítica média (\pm DP) na fratura para coroas de resina composta foi de 3271 ± 143 N, enquanto que para coroas de vitrocerâmica foi de 1465 ± 222 N. Ambos os materiais, no entanto, mostraram o mesmo padrão de fratura – divisão da coroa no meio através das superfícies proximais. Seguindo a fadiga do movimento da boca com perfis de estresse predeterminados, as coroas de resina composta tiveram uma taxa de sobrevivência de 100%, sem falhas catastróficas. Apesar do recuo muito alto	Coroas CAD / CAM de resina composta Monolítica Lava Ultimate pode suportar cargas de fadiga excepcionalmente altas. Vários cansaços e modos de dano foram observados: cone parcial induzido por deslizamento, rachaduras, rachaduras cônicas internas induzidas por impacto e flexão fissuras radiais da superfície de cimentação induzida. Todos esses danos foram contidos dentro da restauração. Nenhuma dessas Coroas CAD / CAM de resina composta Monolítica Lava Ultimate coroas de resina composta exibiram falha catastrófica. Nas condições atuais, este material nano híbrido de resina composta indireta atende aos requisitos mecânicos para restaurações posteriores de alto estresse, mostrando excelente resistência ao contato e danos por flexão.

Colocação de próteses imediatas em duas sessões com o auxílio de tecnologias digitais

Ano	Tipo	Autores	Teste	Resultado	Conclusão
2019	Relato de caso	Kyung Chul Oh et al.,	Utilizamos um scanner intraoral para eliminar o risco de extração involuntária do dente, o que também beneficia o paciente ao reduzir o número de consultas de tratamento, pois a relação interarcos foi obtida no mesmo dia em que as impressões foram feitas. Superamos as dificuldades de obter impressões das áreas vestibulares por meio do reembasamento das dentaduras com materiais de condicionamento de tecidos	O desenvolvimento de vários módulos e a integração desses módulos no software permitiriam um fluxo de trabalho mais eficiente, principalmente por meio da redução da complexidade dos processos de projeto.	Uma nova abordagem que combina o fluxo de trabalho digital e convencional permitiu a reabilitação bem sucedida de um paciente com sintomas de dentes severamente móveis com próteses imediatas em 2 visitas ao paciente. Neste relatório, destacamos a necessidade de desenvolvimento de módulos relacionados em software de design auxiliado por computador para um fluxo de trabalho mais eficiente. Dado que nosso tratamento resultou em resultados estéticos e funcionais favoráveis, acreditamos que essa nova abordagem beneficiaria tanto os médicos quanto os pacientes
Ano	Tipo	Autores	Teste	Resultado	Conclusão
2019	revisão	Mehmet Selim et al	A técnica de fabricação subtrativa é baseada na fresagem do produto a partir de um bloco por uma máquina CNC. O software CAM transfere automaticamente o modelo CAD para o caminho da ferramenta para a máquina CNC. Isso envolve computação que aponta o fresamento CNC, incluindo sequenciamento, ferramentas de fresamento e direção e magnitude do movimento da ferramenta.	Como resultado, de acordo com a revisão da literatura, as técnicas de CAD/CAM e os dispositivos de suporte da relação maxilomandibular estão crescendo rapidamente. Num futuro próximo, a fabricação de próteses removíveis se tornará informática médica em vez de precisar de equipe técnica e procedimentos. No entanto, os métodos têm várias limitações por enquanto	Desde a fabricação das primeiras próteses removíveis modernas usando o PMMA, nenhuma mudança significativa nas técnicas de fabricação foi introduzida até que as técnicas CAD/CAM surgiram na década de 1990. A tecnologia odontológica permite a fabricação de próteses removíveis, usando tecnologias CAD/CAM do início ao fim, diminuindo assim o lado da cadeira e do tempo de trabalho para pacientes e dentista e proporcionando resultados funcionais e estéticos superiores ou satisfatórios. O desenvolvimento de um simulador facial digital usando técnicas de imagem com doses efetivas mais baixas de radiação em futuro próximo será outro marco para a fabricação de próteses removíveis com gravação digital de OVD e transferência MMR antes da finalização com CAM

O passo adiante no planejamento virtual do sorriso: maquetes fresadas versus prototipadas para a avaliação das características do sorriso projetado

Ano	Tipo	Autores	Teste	Resultado	Conclusão
2020	in vivo	Antonino Lo Giudice, et	Dez indivíduos adultos foram incluídos e o desenho digital do sorriso / encerramento digital foram realizados para realçar a estética da região anterior da maxila. Dez maquetes fresadas e 10 maquetes protótipos foram obtidas de um arquivo .stl original e uma análise digital de veracidade foram realizadas sobrepondo o modelo escaneado e fresado ups e os protótipos escaneados para o enceramento digital, de acordo com a correspondência a superfície técnica.	<i>As maquetes prototipadas mostraram um incremento significativo das medidas transversais ($p < 0,001$) enquanto as maquetes fresadas apresentaram incremento significativo de todas as medidas verticais e transversais ($p < 0,001$). As maquetes prototipadas mostraram um bom ajuste após os testes clínicos, enquanto nenhuma das maquetes fresadas mostrou boa adaptação (sem ajuste ou compensação clínica significativa necessária). Análise de desvio do projeto 3D original relatou uma maior porcentagem de correspondência para maquetes fresadas.</i>	Tanto o protótipo quanto as maquetes fresadas mostraram um leve incremento dimensional em comparação com o 3D original do projeto. Essas mudanças foram maiores para as maquetes fresadas que mostraram encaixe inadequado na boca dos pacientes. Deve-se ter cuidado ao avaliar a veracidade de manufaturados digitalizados desde um erro intrínseco em computação do algoritmo pode subestimar as dimensões do objeto real

Tendências recentes e direção futura da odontologia Pesquisa na era digital

Ano	Tipo	Autores	Teste	Resultado	Conclusão
2020	Relato de caso	Tim Joda et al.,	O software AR/VR permite aos usuários sobrepor visualizações criadas virtualmente em gravações do paciente em movimento natural. Qualquer modelo 3D, por exemplo, um projeto protético de uma possível reconstrução, pode ser ampliado na situação individual do paciente para simular diversos resultados prospectivos com antecedência, sem etapas de trabalho invasivas. Esses modelos digitais podem ser visualizados em tempo real e facilitam a comunicação não apenas com o paciente para desmistificar as complexas etapas do tratamento,	Nesse contexto, a pesquisa odontológica deve impactar como um produto para a sociedade, não apenas para produzir publicações científicas, mas para mudar verdadeiramente os protocolos aplicados na clínica. Além disso, aqui, a digitalização com AI/ML e AR/VR representa as ferramentas mais promissoras para pesquisas inovadoras atualmente. Além disso, a pesquisa na era digital também será cada vez mais avaliada em termos de "impacto" como um bem a ser entregue.	A equipe odontológica que controla o poder da caixa de ferramentas digitais é a chave e continuará a desempenhar um papel central na jornada do paciente para receber o melhor tratamento individual possível e fornecer suporte emocional. A coleta, armazenamento e análise de dados biomédicos digitalizados de pacientes apresentam vários desafios. Além dos aspectos técnicos para lidar com grandes quantidades de dados, considerando padrões definidos internacionalmente, uma política ética e significativa deve garantir a proteção dos dados do paciente para um impacto ótimo na segurança.

5. DISCUSSÃO

Quanto a produção de restaurações de próteses fixas, coroas, pontes e facetas pelo sistema CAD/CAM, os autores Correia *et al.*, em 2006 e Moura *et al.*, em 2015 concluíram que a implementação da tecnologia CAD/CAM, com os seus diversos sistemas, ajuda a surtir efeito positivo, não no sentido de uma produção em série, mas sim num aperfeiçoamento na produção das restaurações, pela utilização da tecnologia.

Pedroche *et al.*, em 2006 e Chochlidakis *et al.*, em 2016, analisaram ajustes marginais e internos em diferentes métodos de moldagens para coroas e restaurações. Concluíram que o escaneamento digital intraoral forneceu um valor de intervalo médio menor para três dos quatro pontos de medição, em comparação com impressões convencionais e moldes de gesso digitalizados com um scanner de laboratório de bancada padrão. Assim, as restaurações dentárias confeccionadas com a técnica de moldagem digital apresentaram fendas marginais estatisticamente semelhantes àsquelas obtidas com a técnica de moldagem convencional. Nos grupos de moldagem convencional, os troquéis digitais levaram a restaurações com folga marginal e interna menor em comparação com troquéis convencionais. Em relação às técnicas de prensagem e fabricação CAD/CAM, resultados semelhantes foram encontrados tanto para o gap marginal quanto para o gap interno nos grupos convencionais e digitais.

Segundo Torres *et al.*, 2009 e Joda *et al.*, 2020 a prototipagem rápida para confecção de guias cirúrgicos é uma tecnologia que promove uma maior precisão na colocação de implantes com relação a orientação e posicionamento. Entretanto, segundo Alhazzaw *et al.*, em 2016, a fabricação de um modelo de implante é feita com maior precisão utilizando a fresagem de 5 eixos (método subtrativo de fabricação) do que prototipagem (método aditivo de fabricação). A impressão pode ser usada para modelos de tecidos moles para casos de implantes. No desenho final da coroa, um guia de preparação pode ser facilmente criado para ajudar o dentista a validar a forma e o tamanho da preparação. O projeto do pilar pode ser melhorado visualizando a estrutura óssea, além disso, o nome do paciente e o número do registro podem ser inscritos no modelo virtual.

Polido *et al.*, (2010) e Miyazaki *et al.*, em 2011 e Giudice *et al.*, 2020 citam como uma das maiores vantagens, para o dentista, em adotar a tecnologia digital CAD/CAM é a eliminação virtual de muitos processos com base química, dessa forma os clínicos não precisam mais se preocupar com a possibilidade de erro devido a bolha de ar, ruptura dos materiais de moldagem, movimento da moldeira, deflexão da moldeira, pouco material de moldagem. Quanto às vantagens da impressão 3D sobre a fresadora para a produção de próteses são a quantidade mínima de material necessária, bem como a capacidade de criar vários produtos ao mesmo tempo, aumentando a eficiência clínica. Além dos materiais serem, esteticamente agradáveis e duráveis, de confecção rápida, e controle de qualidade das restaurações, como ajuste, durabilidade mecânica e previsibilidade. Em contrapartida Bilgin *et al.*, em 2019, citam as desvantagens na confecção dos sistemas CAD/CAM, causada pelos procedimentos de tomada de impressão e registro de DVO, manutenção do suporte labial, incapacidade de definir o plano oclusal mandibular, materiais caro e maior custo laboratorial em comparação com os métodos convencionais.

Os autores Chul *et al.*, em 2019 relataram que a prótese imediata refere-se a qualquer prótese dentária destinada à colocação imediatamente após a remoção dos dentes naturais. O método convencional para fabricar próteses imediatas envolve o arranjo de dentes artificiais por meio do corte de um dente em um modelo de diagnóstico feito com materiais de impressão convencionais e substituindo o por um dente artificial de maneira alternada. Já os autores Giudice *et al.*, 2020 relataram que o planejamento virtual representa uma ferramenta útil para obter informações estéticas para diagnóstico e plano de tratamento, bem como para processos de design, fabricação e entrega das restaurações definitivas. Ambos citam que com o avanço da tecnologia, conseguimos realizar o planejamento sem a necessidade do paciente estar presente, e oferecendo uma previsibilidade melhor do tratamento através do planejamento virtual, e podem ser usados em casos que serão extraídos todos os dentes, até em casos que apenas um dente será reabilitado.

6. CONCLUSÃO

Baseado no presente trabalho foi possível concluir que a implementação da tecnologia CAD/CAM na odontologia agiliza o processo de fabricação das próteses e diminui o tempo de cadeira. A tecnologia CAD/CAM já avançou e muito desde a sua implementação na odontologia, e é cada vez mais popular entre os profissionais. Os sistemas CAD/CAM são capazes de produzir restaurações de alta qualidade, tanto em relação à resistência quanto a adaptação marginal, estética. As vantagens, para o dentista, em adotar o uso da tecnologia digital CAD/CAM é a eliminação virtual de muitos processos com base química, e com o avanço da tecnologia conseguimos ter uma previsibilidade mais precisa do tratamento através do planejamento virtual.

REFERÊNCIAS

ANTONIO, LO GIUDICE., et al., **the step further smile virtual planning: milled versus prototyped mock-up for the evaluation of the designed smile characteristics.**, BMC Oral Health (2020).

CORREIA, A R M.; SAMPAIO FERNANDES, J. C. A.; CARDOSO, J. A. P.; LEAL DA SILVA , C. F. C. CAD/CAM: a informática da prótese fixa. **Revista odontológica da UNESP**, 2006. P. 183-89

FATMA, A. SHEMBISH, et al., **fatigue resistance of CAD/CAM resin composite molar crowns.** HHS Public Access Author manuscript (2017).

KONSTANTINOS, M, et al., **digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and me-analysis.** The journal of prosthetic dentistry; 2016.

KYUNG CHUL OH, et al ., **two-visit placement of immediate dentures with the aid of digital technologies.** Original Contributions Case Report (2019).

MEHMET, SELIM BILGIN., et al., **a review of computer-aided design/computer-manufacture techniques for removable denture fabrication.,** Review Article (2019).

MIYAZAKI, T; HOTTA, Y. **CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations.** Australian Dental journal, (2011). p. 97-106

MOURA, R. B. B., et al., **Sistemas cerâmicas metal free: tecnologia CAD/CAM R. Interd.** V. 8, n. 1, p.220-226. jan.fev.mar., (2015).

PEDROCHE, O. L. et al., **Marginal And internal fit of zirconia copings obtained using different digital scanning methods,** (2006).

POLIDO, W. D. Moldagens digitais e manuseio de moldes digitais: **o futuro da odontologia.** Dental Press j Orthod, (2010).

TARIQ, F. ALGHAZZAWI BDS, MS, MSMTE, PHD. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. **journal of prosthodontic research** (2016).

TIM JODA., et al., **recent trends and future direction of dental research in the digital era.,** International journal of environmental research and public health (2020).

TORRES, M. A. F., et al., **CAD/CAM dental systems in implant dentistry: update.** **Med oral patol oral cir bucal.**, v.14, n. 3, p.141-145., mar, (2009).