

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA**

MARINA HOSKEN DOS SANTOS

**ADAPTAÇÃO MARGINAL DE COROA DE PORCELANA UNITÁRIA FEITA PELO
SISTEMA CAD/CAM COMPARADA COM A ADAPTAÇÃO MARGINAL DE
COROA DE PORCELANA PENSADA**

**Belo Horizonte
2017**

MARINA HOSKEN DOS SANTOS

**ADAPTAÇÃO MARGINAL DE COROA DE PORCELANA UNITÁRIA FEITA PELO
SISTEMA CAD/CAM COMPARADA COM A ADAPTAÇÃO MARGINAL DE
COROA DE PORCELANA PENSADA**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Implantodontia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Célio Soares de Oliveira Júnior

**Belo Horizonte
Faculdade de Odontologia da UFMG
2017**

DEDICO

Às pessoas mais importantes em minha vida: aos meus pais pelo incentivo e paciência à minha ausência, a meus irmãos pela companhia e apoio, e ao Marcos Vinícius, meu marido, por toda a atenção durante a realização deste curso de Especialização.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade que tem me proporcionado de estar continuamente me aprimorando com saúde, paciência e paz.

Aos meus pais, Lucas e Nelma, pelo apoio durante toda a minha vida e incentivo constante aos estudos, mesmo depois de estar formada, respeitaram minha ausência no consultório na semana da Especialização, e me ajudaram de todas as maneiras que estavam ao alcance deles, e sempre com muito amor e vontade.

Ao Prof. Célio Soares de Oliveira Júnior, orientador dessa monografia e subcoordenador do Curso de Especialização em Implantodontia da FO-UFMG, pelo exemplo de profissional e de ser humano, que com seu jeito sereno, teve paciência e sabedoria para me ajudar e guiou os meus estudos da monografia.

Ao Prof. Marcus Martins Guimarães, coordenador do Curso de Especialização em Implantodontia da FO-UFMG, pela sua capacidade de nos incentivar a buscar sempre o conhecimento; e pela dedicação para o aprimoramento constante deste curso.

Ao Colegiado de Pós-Graduação da FO-UFMG pelo incentivo para a realização do Curso de Especialização em Implantodontia da FO-UFMG através da disponibilização de bolsa.

Aos professores do Curso de Especialização, Leo, Milton, Marcelo Groth, Paulo Henrique, Ricardo Vaz, Rodrigo Seabra e Vanessa Frazão, pelas orientações e ensinamentos.

Aos colegas de curso de especialização, Danielle Gonçalves, Desiree Penido, Fernanda Correa, Guilherme Leão, Lucas Paiva, Mariana Junqueira, Paulo Diniz, Sérgio Aguiar e Thiago Almeida, pelo convívio e aprendizado.

À Vanessa e Rosa gostaria de primeiramente agradecer a paciência e boa vontade em nos ajudar. E parabenizar pelo profissionalismo, atenção e carinho que vocês dedicaram durante o curso para nos atender, e o respeito e prazer em ajudar os pacientes.

Aos pacientes, que doaram literalmente o próprio sangue para o engrandecer da ciência e do conhecimento.

RESUMO

Este estudo tem por objetivo específico verificar a adaptação marginal de coroas unitárias de porcelana confeccionadas pelo sistema CAD/CAM (E.max.cad) e de copings de porcelana prensada (IPS e.max press) obtidas diretamente de um pilar anatômico (Neodent*) Para isso, os objetivos gerais envolvem as características da evolução das restaurações dentárias, informam sobre o processamento de coroas prensadas e pelo sistema CAD/CAM e discutem a qualidade da adaptação marginal dos dois processamentos. O levantamento bibliográfico contou com textos 67 científicos, incluindo trabalhos de pesquisas, revisões de literatura e relatos de casos clínicos, além de fontes secundárias, no período de 1965 a 2017. Foi confeccionada uma base de resina acrílica quimicamente ativada com formato retangular, apresentando altura de 2,2cm e largura de 1,5cm. No centro da base foi instalado um implante do sistema cone morse (Neodent*) com 11,0mm de comprimento e 4,0mm de diâmetro e fixado um munhão anatômico cone morse, que foi ajustado com um torque de 15 N/cm com o auxílio de um torquímetro manual. Após procedimentos de escaneamento e exportação para o CAM, a coroa foi fresada e adaptada no pilar onde foram realizadas três medidas da interface coroa total/componente protético em quatro pontos pré-estabelecidos, relativos a cada face (mesial, vestibular, distal, lingual), e em seguida foi obtida a média de desadaptação cervical da junção do componente protético/coróa de porcelana. O mesmo foi feito com o coping de emax press obtido diretamente do pilar anatômico. Os objetivos gerais foram atingidos e o objetivo específico levou à conclusão que, ao comparar a adaptação das coroas de E.max.CAD com E.max prensado, a adaptação do coping de e.max press (prensado) foi ligeiramente pior do que a adaptação da coroa feita de e.max.cad através do sistema CAD/CAM.

Palavras-chave: Coroas de porcelana. CAD/CAM. Adaptação marginal.

ABSTRACT

This study aims to verify specifically the marginal adaptation of porcelain crowns made by CAD/CAM system (E.max.cad) and pressed porcelain copings (IPS e.max press) obtained directly from an anatomical pillar (Neodent)*. For this, the general objectives involve characteristics of the evolution of the dental restorations, inform about the processing of pressed crowns and by CAD/CAM system and discuss the quality of marginal adaptation of the two processes. The bibliographic survey featured 67 scientific texts, including research papers, literature reviews and clinical reports, as well as secondary sources, in the period of 1965 to 2017. Was made an acrylic resin chemically activated with rectangular format, featuring 2,2cm height and 1,5 cm width. In the center of the base was installed an implant of the morse conic system (Neodent)* with 11 mm long and 4,0mm in diameter and fixed an anatomical trunnion morse taper, which was adjusted with a torque of 15 N/cm with the aid of a manual wrench. After scan and export procedures for the milling, three 2measures of total crown/prosthetic component interface into four pre-set points relating to each side (mesial, distal vestibular, lingual) were realized, and then was obtained the mean cervical joint leakage of the prosthetic component porcelain crown. The same was done with the coping of emax press obtained directly from anatomical pillar. The general objectives were achieved and the specific goal led to the conclusion that, when comparing the adaptation of E.max.CAD crowns with pressed E.max, the adaptation of e.max press coping (pressed) was a little bit worst than the adaptation of the e.max.cad crown made through the CAD/CAM system.

Keywords: Porcelain crowns. CAD/CAM. Marginal fit-adaptation.

LISTA DE ABREVIATURAS

CAD – desenho assistido por computador (*Computer Aided Design*)

CAM – fabricação assistida por computador (*Computer Aided Manufacturing*)

FDM – modelagem de deposição fundida (*Fused Deposition Modeling*)

PR – Prototipagem Rápida

IBS – sistema de jato de tinta (*Inkjet-Based System 3DP*)

SLA – estereolitografia (*Stereolithography*)

SLM – fusão seletiva a laser (*Selective Laser Melting*)

SLS – sinterização seletiva a laser (*Selective Laser Sintering*)

UV – ultravioleta

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Base de resina acrílica quimicamente ativada com instalação de implante do sistema cone morse e fixação de um munhão anatômico cone morse (Neodent-Curitiba, Brasil).	18
Figura 2 – Coroa em e-max CAD/CAM	18
Figura 3 – Coping em e-max PRESS	18
Figura 4 – Microscópio comparador óptico Mitutoyo, modelo TM 500*	18

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação das diferentes opções de scanners odontológicos	25
Quadro 2 – Diferenças entre processos CAM industrial, laboratorial e clínico	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Demonstração dos valores de desadaptação marginal entre uma coroa de e-max confeccionada pelo sistema CAD/CAM e um coping de e-max confeccionada pelo sistema prensado (μm)	37
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Específico	16
2.2 Objetivos Gerais.....	16
3 METODOLOGIA.....	17
3.1 Metodologia do levantamento bibliográfico	17
3.2 Metodologia específica	17
4 REVISÃO DA LITERATURA	20
4.1 Evolução das cerâmicas dentárias.....	20
4.2 Coroas de porcelana prensadas	24
4.3 (CAD/CAM) - Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing	23
4.4 Fatores que influenciam na adaptação marginal de coroas de porcelana	36
5 RESULTADOS.....	37
6 DISCUSSÃO	38
7 CONCLUSÕES	40
7.1 Conclusão específica	40
7.2 Conclusão geral	40
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda por estética, as restaurações de cerâmica tornaram-se muito populares nas últimas décadas, proporcionando, além de estética aprimorada, longevidade semelhante às restaurações metalcerâmicas (CRAIG, 2004) e estética avançada, mas tendo que cumprir exigências biomecânicas (CONRAD et al., 2007, HOLLAND et al., 2008, DENRY; HOLLOWAY, 2010).

A precisão de ajuste é a característica mais estreitamente relacionada com a longevidade de uma restauração (SCHWARTZ et al., 1970, WHITE et al., 1994). Quanto melhor a acuidade marginal, menor será a espessura da película de cimento, o que favorece a adaptação da prótese à raiz, área suscetível à inflamação gengival, retenção de placa bacteriana e recidiva de cárie, principalmente em preparos gengivais (BINDO et al., 2009).

Todos os passos necessários durante a fabricação de uma coroa exigem precisão e exatidão para produzir uma restauração com um perfeito encaixe. Nesse sentido, uma coroa cimentada perfeita deve atingir o limite do dente preparado. Na realidade, a perfeição clínica é um desafio. A importância de uma cobertura total de uma restauração bem ajustada é mais evidente quando se consideram as implicações de uma restauração mal ajustada, tais como a dissolução da cimentação (JACOBS; WINDELER, 1991), a microinfiltração (JAHN et al., 1985, ZOELLNER et al, 2000), a cárie (SCHWARTZ et al., 1970, JAHN et al., 1985, ZOELLNER et al, 2000), a hipersensibilidade e a inflamação periodontal (REEVES, 1991, BADER et al., 1991).

Conceitualmente, a adaptação marginal pode ser definida como o grau de proximidade entre o dente e a restauração ao longo do ângulo cavo superficial (INOKOSHI et al., 1993) e é dependente da técnica de confecção, das características da cavidade do material restaurador e da técnica e materiais de cimentos empregados (SORENSEN; OKAMOTO, 1987, SORENSEN, 1989, NEIVA, 1998). Apresenta-se, então, como um dos fatores mais importantes para a longevidade das peças restauradoras (BINDO et al., 2008), bem como para a solubilidade do cimento utilizado (CONCEIÇÃO, 2005) e a microinfiltração (GOLDMAN; WHITE, 1992).

A produção em CAD/CAM resulta em próteses de alta qualidade usando vários materiais e, assim, satisfazem as demandas dos pacientes (SYED et al., 2015).

Como em todas as áreas, também a Odontologia restauradora atual vem sendo transformada pela utilização de sistemas automatizados. As fases de moldagem digital, planejamento e confecção de diversos tipos de restaurações podem ser realizadas com o auxílio de técnicas e equipamentos computadorizados, dando origem à chamada 'Odontologia Digital' através do sistema CAD/CAM, cujo significado é: CAD- *Computer Aided Design*, ou Desenho Assistido por Computador; e CAM - *Computer Aided Manufacturing*, ou Manufatura Assistida por Computador. Essa tecnologia de planejamento e produção computadorizada de restaurações dentárias pode ser utilizada para as mais diferentes situações clínicas, por isso vem sendo um atrativo para os profissionais da odontologia.

O sistema CAD é composto por: uma câmera para obter as imagens intraorais, e geralmente realiza o escaneamento em três dimensões (3D); o software do sistema permite arquivar as imagens obtidas e fazer o projeto da restauração a partir destas imagens obtidas dos preparos dos dentes e/ou pilares sobre implantes dos pacientes; um computador, através do software do sistema, armazena e edita as imagens obtidas pela câmera; e uma unidade de fresagem (CAM) pode ou não estar vinculada ao software de armazenamento e edição das restaurações. Quando existe este vínculo indissolúvel, o sistema é chamado de fechado, e quando as imagens das restaurações podem ser enviadas para fresadoras não vinculadas ao software do CAD, o sistema é chamado de aberto.

Então, sistemas CAD/CAM funcionam basicamente em três passos: digitalização do preparo dentário, desenho da restauração e produção da restauração (CONCEIÇÃO et al., 2015).

Desta forma é possível a realização de tratamentos em uma única sessão, aumentando a produtividade da clínica e diminuindo o número de consultas dos pacientes em tratamentos, como confecção de restaurações inlays e onlays, coroas, pontes, facetas e confecção de abutments. Contudo, não se pode esquecer que os modelos físicos convencionais, usados em laboratórios, quando obtidos de dentes ou pilares sobre implantes bem preparados e moldados, permitem a confecção de trabalhos de alto nível e continuam sendo usados, principalmente devido ao elevado custo dos sistemas CAD/CAM.

Entre os itens elencados nas vantagens e desvantagens na confecção de coroas de porcelana pelo sistema CAD/CAM sobre o sistema convencional (para coroas em porcelana prensada), está a adaptação marginal dessas restaurações. Os

profissionais na Odontologia convencional sabem que as adaptações marginais de suas restaurações dependem de vários fatores, tais como: tipo e qualidade dos preparos dentais ou dos pilares sobre implantes, o término gengival destes preparos, a alteração dimensional dos materiais moldadores, dos gessos, das ligas metálicas, das porcelanas, acrílico e, por fim, do tipo e qualidade dos cimentos. Na odontologia digital os materiais moldadores, os gessos, as fundições das ligas podem ser eliminadas e, em alguns casos, até o tratamento térmico da porcelana, mas os outros fatores da odontologia convencional ainda continuam a influenciar na adaptação marginal dos trabalhos (STRUB et al., 2006, BEUER et al, 2008).

Estas avaliações da adaptação marginal das restaurações, segundo a literatura, podem ser feitas de pelo menos três maneiras: por medições em fotografias de grande aumento; por medições feitas em moldagens feitas com materiais precisos tais como silicone de condensação e poliéter; e através de microscópios (BERNARDES et al., 2012).

O método de produção de próteses que usam o sistema CAD/CAM pode ser dividido em fabricação subtrativa e aditiva. O fresamento CAD/CAM é o método para obter a forma projetada pela moagem de materiais de bloco ou disco. Esse método subtrativo pode resultar em desperdício de materiais e tem a desvantagem de pobre reprodutibilidade na microrregião da cavidade, dependendo do diâmetro do dispositivo de corte (TORABI et al., 2015). Além disso, há pesquisas que indicam que o ajuste marginal e o interno, o elemento mais importante da avaliação da prótese, não é suficiente quando é aplicada a fabricação subtrativa.

Recentemente, no âmbito de processamento de restauração dental, para complementar a deficiência da fabricação subtrativa no sistema de moagem CAD/CAM, surgiu o sistema de impressão em 3-D (fabricação aditiva), método de fabricar o produto acumulando consecutivamente os materiais líquidos e em pó (STOPP et al., 2008, SUN; ZHANG, 2012). Este sistema tem a capacidade de elaborar precisamente a prótese com o mínimo de materiais.

Na Odontologia atual, a impressora 3D tem sido bastante usada e várias resinas têm sido envolvidas para fabricar coping de PFM (porcelana fundida ao metal), coroa provisória, armação de prótese parcial removível, modelo ortodôntico e guia cirúrgico para implante. Por consequência, há um aumento de produção de próteses usando o sistema de impressão 3D (LEE et al., 2017).

Neste estudo, o questionamento está no esclarecimento sobre qual a melhor adaptação marginal: em coroa unitária de porcelana feita pelo sistema CAD/CAM ou em coping unitária de porcelana prensada?

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Específico

- Verificação da adaptação marginal de coroa unitária de porcelana confeccionada pelo sistema CAD/CAM (E.max.cad) - Ivoclar Vivadent* e de coping de porcelana prensada (IPS e.max press) - Ivoclar Vivadent* obtida diretamente do pilar anatômico da Neodent *

2.2 Objetivos Gerais

- Apresentar a evolução das restaurações dentárias;
- Informar sobre o processamento de coroas prensadas e pelo sistema CAD/CAM;
- Discutir a qualidade da adaptação marginal dos dois processamentos.

3 METODOLOGIA

3.1 Metodologia do levantamento bibliográfico

Foi realizada uma pesquisa nos descritores dos termos de interesse compatíveis com os objetivos do estudo nas línguas inglesa e portuguesa. Foram selecionados os termos: coroas de porcelana, CAD/CAM, adaptação marginal (*porcelain crowns, CAD/CAM, marginal fit-adaptation*), para pesquisas nas seguintes bases de dados (Periódicos Capes, Pubmed, Scielo, Medline e Lilacs), no período de 1965 a 2017. A partir das buscas foram selecionados 67 artigos científicos, que incluem trabalhos de pesquisas, revisões da literatura e relatos de casos clínicos.

3.2 Metodologia específica

Para execução da metodologia do presente estudo foi confeccionada uma base de resina acrílica quimicamente ativada com formato retangular, apresentando altura de 2,2cm e largura de 1,5cm. No centro da base foi instalado um implante do sistema cone morse com 11,0mm de comprimento e 4,0mm de diâmetro e fixado um munhão anatômico cone morse (figura 1), que foi ajustado com um torque de 15 N.cm com auxílio de um torquímetro manual (Neodent-Curitiba, Brasil).

O munhão anatômico cone morse foi escaneado pela unidade CAD/Cerec Bluecam, sendo utilizado um espaçamento interno de 80µm. Com o arquivo de imagem gerado, o coping foi desenhado no Software CEREC Premium SW 4.4.2 e exportado para a fresadora MCXL_CEREC Premium CAM SW 4.4.2 para a fresagem. A coroa em e-max CAD foi obtida utilizando a Fresadora MCXL com 1 fresa *cylinder pointed bur* 12S e 1 fresa *step bur* 12 (figura 2). Um coping em e.max press (Ivoclar vivadent) foi prensado a partir do pilar anatômico (figura 3).

Figura 1 – Base de resina acrílica quimicamente ativada com instalação de implante do sistema cone morse e fixação de um munhão anatômico cone morse (Neodent-Curitiba, Brasil).



Figura 2 – Coroa em e-max CAD/CAM

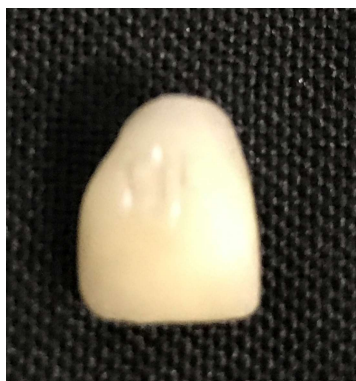


Figura 3 – Coping em e-max PRESS



Fonte: Dados de pesquisa, 2017.

Para verificação da adaptação cervical cada amostra foi inserida no pilar anatômico sem nenhum ajuste interno prévio e avaliada em um microscópio comparador óptico (Mitutoyo, modelo TM 500)* (figura 4), do laboratório de pesquisa da Faculdade de Odontologia da UFMG.

Figura 4 – Microscópio comparador óptico Mitutoyo, modelo TM 500*¹



¹ NEODENT - R. Padre Rolim, 355 - Santa Efigênia, Belo Horizonte - MG, 30130-090 - Telefone: (31) 3071-8700. SIRONA DENTAL - Rua Gomes de Carvalho, 1510 - 16º andar - Vila Olímpia 04547-005 - São Paulo - SP - (11) 3046.2222. Ivoclar Vivadent - Alameda Rio Negro 500, Torre A 19º Andar - Alphaville - 06454-000 Barueri - SP - Telefone (11) 2424.7400. Mitutoyo - Minas Ferramentas Avenida Bias Fortes, 1853 - Barro Preto 30170-012 - Belo Horizonte - MG Telefone: (31) 2101-6000.

Foram realizadas três medidas da interface coroa total/componente protético em quatro pontos pré-estabelecidos (1, 2, 3, 4), relativos a cada face (mesial, vestibular, distal, lingual), e em seguida foi obtida a média de desadaptação cervical da junção do componente protético/coróa em emax-cad (CAD/CAM) e componente protético/coping em emax press prensado.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Evolução das cerâmicas dentárias

A palavra cerâmica vem do grego *keramos* e significa “coisa queimada”; e o termo *keramiké* significa “a arte do oleiro” (KINA, 2005). Em 1717, os chineses confeccionavam a cerâmica com caulim, sílica e feldspato (silicatos de alumínio, potássio e sódio) (GOMES et al., 2008). Em 1720, os europeus comercializavam uma porcelana bastante fina e translúcida, feita com feldspato e óxido de cálcio (fundente em alta temperatura).

A primeira referência do uso da porcelana como material odontológico

[...] data de 1774 quando o farmacêutico e químico francês Alexis Duchateau tornou-se infeliz com o odor, gosto e descoloração dos dentes de sua dentadura, que eram dentes de marfim de hipopótamo. Sendo assim, ele se dispôs a pesquisar um material que apresentasse características estéticas e ainda pudesse ser resistente a manchas e abrasão. Ao observar os utensílios utilizados diariamente em seu laboratório, notou que aqueles feitos de porcelana para manipular produtos químicos pareciam resistir à descoloração e abrasão (KIYAN; KIYAN, 2002, citado por PEDROSA, 2012 p.3).

A técnica da folha de platina, introduzida no final do século XIX após a invenção do forno elétrico (1894) e da porcelana de baixa fusão (1898), possibilitou a criação de próteses parciais fixas e coroas de jaqueta em cerâmica (1903), até então todas classificadas como porcelanas (MARTINS et al., 2010, GARCIA et al., 2011).

Em 1950, a leucita foi adicionada à formulação original, surgindo as vitrocerâmicas, aumentando o coeficiente de expansão térmica e implementando sua fusão com algumas ligas áuricas na confecção de próteses parciais fixas e coroas totais (MACKERT; EVANS, 1991). Em 1965, 40% a 50% de cristais de alumina foram incorporados às porcelanas feldspáticas com a intenção de aumentar a resistência dessas coroas (MCLEAN; HUGHS, 1965). Em 1976, uma camada de óxido de estanho foi adicionada à folha de platina, facilitando a união da porcelana com essa película. Logo depois, cristais de dissilicato de lítio dispersos em uma matriz vítrea melhoraram as propriedades mecânicas das cerâmicas feldspáticas, com resistência flexural de 400 MPa (DELLA BONA et al., 2008).

Em 1995 foram desenvolvidos os compósitos cerâmicos e desenvolvido um sistema para coping ou infraestrutura infiltrada por vidro com 70 a 85% de partículas

de alumina, aumentando a resistência à flexão de 450 para 600 MPa. Como esse sistema apresentava muita opacidade, passou-se a empregar o aluminato de magnésio ($MgAl_2O_4$), que possui baixo índice de refração com a matriz de vidro, permitindo melhora na translucidez e comportamento mais estético. Verificou-se, assim, que a adição de óxidos promovia um aumento da resistência à flexão. A combinação de 69% de óxido de alumina (Al_2O_3) com 31% de óxido de zircônio (ZrO_2) resultou num aumento da resistência flexural, consistindo numa formulação com um dos maiores valores de tenacidade entre os sistemas cerâmicos até então produzidos (BRUTON, 1999). Também o óxido de alumínio altamente purificado e densamente sinterizado, com 99,5% de alumina (Al_2O_3), foi adicionado para confecção de subestruturas protéticas (MCLAREN; FIGUEIRA, 2015), criando-se as cerâmicas policristalinas.

Contudo, a propagação de trincas em cerâmicas aluminizadas suscitou a criação da zircônia estabilizada por ítrio (Y-TZP), que possui elevada resistência à fratura, biocompatibilidade e Módulo de Young semelhante ao do aço inoxidável. O zircônio tem número atômico 40 (40 prótons e 40 elétrons) e massa atômica igual a 91u. Desde 1985 a indústria médica usa as cerâmicas de zircônia para próteses ortopédicas, que superaram os problemas da baixa resistência da alumina que culminavam com fraturas dos implantes da cabeça do fêmur. Devido à sua alta resistência flexural, o dióxido de zircônia ou zircônia estabilizada por ítrio pode até ser indicado para barras de prótese tipo protocolo (SOUZA; COELHO, 2003).

Com o aumento do interesse por restaurações de cerâmica pura, alguns métodos têm sido propostos, tais como os sistemas, In Ceram, IPS Empress, OPC, Procera AllCeram, Cercon, IPS Empress 2, Cergogold (PANZERA, 1997, BINDL; MORMANN, 2005) e Ceramcap.

Enquanto o paciente se preocupa com os resultados estéticos, o profissional também está interessado na precisão marginal e na resistência à fratura para assegurar o sucesso de seu trabalho (RINKE et al., 1995). Embora a grande vantagem das restaurações cerâmicas seja sua estética, possui também radiopacidade, condutibilidade térmica e coeficiente de expansão térmica semelhante às dos dentes, estabilidade de cor superior à das resinas compostas, biocompatibilidade, estabilidade química, resistência à compressão e alta resistência à abrasão (VAHIDI et al., 1991, SHEARER et al., 1996).

Pode-se dizer que a compatibilidade térmica com o revestimento refratário, o tipo de construção da restauração (SIERVO, 1994, SCHERRER et al., 1996) e as alterações dimensionais decorrentes do processo de sinterização são fatores de influência do material cerâmico sobre a adaptação marginal. Por outro lado, a técnica de alívio do troquel pode resultar na formação de maiores fendas marginais (VAHIDI et al., 1991, VAN MEERBEEK et al., 1992, SJÖGREN, 1995, SAULAIMAN et al., 1997). A capacidade de escoamento do cimento resinoso (SJÖGREN, 1995) e a técnica de hibridização agem também no aumento da discrepância marginal.

Sabe-se que o procedimento de moldagem e a obtenção em gesso, por si só, geram um pequeno desajuste marginal (QUINTAS et al., 2004), mas nas técnicas que exigem a duplicação do modelo de gesso em material refratário, no sistema cerâmico In Ceram ou Ceramcap, essa desadaptação poderia ser mais evidente. O In Ceram é um tipo de cerâmica constituído por uma infraestrutura de óxido de alumínio extremamente fina, semelhante ao coping metálico das coroas metalcerâmicas. A obtenção da peça se dá pela aplicação de cerâmica sobre um troquel refratário e infiltração de vidro de lantânio alumínio-silicato, tendo sido introduzido no mercado em 1990 e inicialmente denominado In-Ceram Alumina (BINDO et al., 2009). Sua patente expirou em 2007, o que instigou o desenvolvimento de produtos similares por outros fabricantes (DELLA BONA et al., 2008).

Contemporaneamente, o número de materiais cerâmicos disponíveis no mercado é grande, mas podem ser classificados:

- Quanto ao método de processamento - estratificação (convencional), prensada, *slip-cast*, CAD/CAM (*Computer Assisted Design / Computer Assisted Machine*) e MAD/MAM (*Manual Assisted Design / Manual Assisted Machine*);
- Quanto à microestrutura - feldspática, fluorapatita, feldspática reforçada com leucita, dissilicato de lítio, alumina, alumina reforçada com zircônia e policristalinas de zircônia tetragonal parcialmente estabilizada com ítrio (Y-TZP);
- Quanto à forma de apresentação - pó, pastilha e bloco; e
- Quanto à sensibilidade ao ácido hidrofúorídrico em - condicionáveis e não condicionáveis (SOUZA; COELHO, 2003).

4.2 Coroas de porcelana prensadas

“Para a técnica de injeção, estão disponíveis pastilhas como: IPS e.Max Press, cerâmica de dissilicato de lítio, e IPS e.Max Zir-Press, cerâmica estética de vidro para ser sobreinjetada em estruturas de óxidos de zircônia, de forma eficaz e rápida” (CLAVIJO et al., 2007, citados por SANTOS, 2015, p.35).

Com a introdução do IPS Empress 2 e de sua sucessora IPS e.max Press no mercado, cristais de dissilicato de lítio embebidos em uma matriz vítrea passaram a prevenir a propagação de microfraturas, proporcionando uma aumentada estabilidade mecânica (SCHAEFER et al., 2012).

A cerâmica de recobrimento é de baixa fusão à base de apatita e nanopartículas, que garantem o biomimetismo com a estrutura dentária (STAPPERT et al., 2006). Destina-se a estratificar todos os tipos de estruturas do Sistema IPS e.Max, independentemente de ser dissilicato de lítio ou óxido de zircônio, injetável ou CAD/CAM (PEDROSA, 2012).

Restaurações com o sistema IPS e.max Press exibem uma taxa de sobrevida variando de 96% em quatro anos e meio para 91% em sete anos. As cáries secundárias não são o fator preponderante de falha, sendo a fratura de corpo a maior causa de insucesso.

Além da versatilidade do sistema, uma coroa de porcelana prensada apresenta-se também com excelente resultado estético, garantindo à restauração de cerâmica diversas propriedades ópticas, como translucidez e fluorescência, semelhantes às da estrutura dentária (PEDROSA, 2012).

Neste estudo, no próximo item, constam 16 casos clínicos em que cerâmicas prensadas são comparadas às cerâmicas processadas por CAD/CAM.

4.3 (CAD/CAM) - Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing

As primeiras tentativas de automatizar a produção de restaurações dentárias começaram a mais de 30 anos (STRUB et al., 2006, BEUER et al, 2008), ressaltando-se as tecnologias de desenho assistido por computador e fabricação assistida por computador (*CAD computer aided design CAM – computer aided manufacturing*) introduzidas na comunidade odontológica no início dos anos 1980

(STRUB et al., 2006). Todos os sistemas de CAD/CAM têm três componentes funcionais: 1) uma ferramenta de digitalização (scanner), que transforma a geometria em dados digitais e podem ser processados por um computador; 2) um software que processa dados de varredura e produz um conjunto de dados legível para uma máquina; 3) uma tecnologia de fabricação que utiliza o conjunto de dados e o transforma em um produto desejado de restauração (STRUB et al., 2006, BEUER et al, 2008).

O CAD ou o desenho realizado pelo computador

[...] teve sua origem depois do desenvolvimento de programas ou softwares de computadores, bem como do hardware ou a máquina propriamente dita. Hoje, grande parte da população tem acesso e está habituada à tecnologia virtual, trabalhando com arquivos computacionais ao invés de objetos reais. Por exemplo, a escrita e até mesmo a leitura da rotina diária está cada vez mais vinculada ao uso de computadores pessoais contra máquinas de datilografia, papéis e seus derivados. Assim, o trabalho de projetistas nos dias de hoje é muito mais rápido do que alguns anos atrás, pois os computadores permitem que tais profissionais realizem seu trabalho em um computador (SOUZA; COELHO, 2003, p.9).

No caso da prótese dentária, o modelo de gesso ou até mesmo a arcada dentária dos pacientes podem ser digitalizados, transformando-se em arquivos por processos de escaneamento. O escaneamento é uma técnica de digitalização de objetos reais a partir de imagens geradas por luz ou, originalmente, por contato. Há scanners intraorais ou de bancada, a partir da captação do reflexo da luz ou por contato físico.

O quadro 1 sugere uma classificação para os scanners de acordo com suas diferentes características (BERNARDES et al., 2012).

Quadro 1 – Classificação das diferentes opções de scanners odontológicos

Classificações	Forma de escaneamento	Local para escaneamento	Tipo de escaneamento	Tecnologia ótica	Técnicas para escaneamento	Materiais a serem escaneados
Tipos	1. Intraoral	1. Clínica Odontológica	1. Por contato	1. Luz	1. Necessidade do uso de sprays sobre o material a ser escaneado	1. Troquel
	2. Extraoral, de bancada ou laboratorial	2. Central de escaneamento	2. Tecnologia ótica	2. Laser	2. Sem necessidade do uso de sprays sobre o material a ser escaneado	2. Modelo de gesso parcial
				3. Ambas		3. Modelo de gesso total
						4. Modelos de gessos com componentes para escaneamento sobre implantes ou intermediários
						5. Moldagens orais em moldeiras para impressão.
						6. Dentes ou arcada dentária dos pacientes
7. Componentes de escaneamento sobre implantes ou intermediários dentro da boca dos pacientes						

Fonte: Bernardes et al., 2012.

Os sistemas CAD/CAM funcionam basicamente em três passos: digitalização do preparo dentário, desenho da restauração e produção da restauração.

Há quase 20 anos, a precisão da adaptação de restaurações obtidas pelo sistema CAD/CAM era relativamente pobre, com discrepâncias marginais típicas em média de 110 μ ou mais. Gaps nas adaptações protéticas entre 50 e 100 μ m têm sido consideradas aceitáveis (ANUSAVICE, 1998).

De maneira geral, as decisões a respeito do uso de scanners dizem respeito à qualidade da imagem gerada, do tempo de escaneamento, da necessidade de preparo da amostra a ser escaneada, do tamanho do scanner, do volume interno do scanner, da forma com que a peça é escaneada e da tecnologia ótica empregada, bem como de como o paciente será escaneado (se a partir do modelo de gesso, ou escaneamento intraoral). Uma vez que as imagens são adquiridas pelo escaneamento, em seguida são importadas para softwares de planejamento. Normalmente os softwares para captura e trabalho com as imagens estão no mesmo computador em que o scanner está conectado. Nesses programas, as imagens ou o

'modelo virtual' são trabalhados e as futuras restaurações são criadas. Pode-se chamar este procedimento de 'enceramento virtual'; nele, os espaços edêntulos são preenchidos a partir da modelagem das imagens. Os softwares específicos para a prótese dentária têm um banco de dados ou biblioteca onde as formas dos dentes, dos componentes protéticos e implantes dentários estão arquivadas. Assim, quando há a necessidade do enceramento virtual, o programa ajuda o programador inserindo a imagem determinada pelo operador que fez o diagnóstico prévio da região a ser reabilitada ou do componente protético que será utilizado sobre o implante ou intermediário (BERNARDES et al., 2012).

Os softwares podem ser: (1) abertos, quando importam imagens de quaisquer scanners, e exportam ou enviam dados para quaisquer máquinas de usinagem controlada; ou (2) fechados, quando só aceitam recebimento e envio de dados para determinadas máquinas de captação de imagens e usinagem (MELLO, 2014).

O processo CAM é a materialização da imagem virtual

[...] trabalhada no software CAD. Desde que máquinas CNC (*Computer Numeric Control* - Controle Numérico Computadorizado) foram desenvolvidas, o processo CAM foi também criado. Máquinas ou tornos controlados por computadores realizam os procedimentos de usinagem com alta precisão a partir de uma lista de movimentos escritos em código específico, que permite o controle simultâneo de vários eixos para corte de material ou matéria prima. Assim, a forma e os cuidados do corte ou usinagem são respeitados e controlados de forma automatizada (BERNARDES et al., 2012, p. 10, citados por WOLFF, 2017, p.11)

A usinagem com CAM pode ser classificada como: (1) industrial; (2) *in lab* ou laboratorial; e 3) clínico. Os tornos *in lab* e clínicos são normalmente peças menores, mais leves e apresentam custos mais acessíveis à comunidade odontológica. Tornos industriais normalmente são maiores, com custos maiores e normalmente são adquiridos por empresas ou grandes companhias que constroem centrais de usinagem (BERNARDES et al., 2012).

Algumas diferenças entre os dois processos são mapeadas no quadro 2.

Quadro 2 – Diferenças entre processos CAM industrial, laboratorial e clínico

Tecnologias CAM	Industrial	Laboratorial	Clínico
	Menor investimento inicial, pois o modelo é enviado para centrais de escaneamento	Maior investimento inicial (normalmente scanner de bancada, computador, torno e fornos, dependendo do material a ser empregado)	Investimento inicial médio quando há o envio dos dados para centrais de usinagem industrial ou laboratorial (neste caso, investimento em scanner intraoral e computador). O usuário pode investir mais se desejar ter todo o processo CAD/CAM em torno e fornos, dependendo do material a ser empregado
Propriedades	Escaneamento intraoral ou do modelo de gesso	Escaneamento do modelo de gesso	Escaneamento intraoral ou do modelo de gesso
	Depende de controles internos fabris (processos mais burocratizados). Envio de peças pelo correio	Rapidez e agilidade na entrega da restauração	Rapidez e agilidade na entrega da restauração quando o processo fabril estiver dentro do mesmo ambiente que o paciente
	Oferece garantia	Custos de retrabalho serão sempre do proprietário	Garantias dependem se o profissional quer ter todo o processo ou não
	Controle de adaptação fabril (maior controle) direto sobre modelos de gesso ou em réplica dos modelos/troquel gerados a partir dos escaneamentos (protótipos rápidos em Estereolitografia)	Controle de adaptação convencional sobre o modelo de gesso	Controle de adaptação convencional direto sobre os dentes ou em modelos de gesso

Fonte: Bernardes et al., 2012.

As diferenças citadas no quadro 2 resultam em vantagens e desvantagens a serem levadas em consideração pelo profissional no momento de decidir em qual tecnologia investir. O processo clínico é o mais novo entre os três e pode envolver todos os procedimentos envolvidos (escaneamento, enceramento virtual e usinagem *in lab*) ou apenas parte deles, como no caso de scanners intraorais com envio de imagens para empresas via rede de comunicação (internet). Entre os três, este é o que exige maior investimento inicial do dentista porque pode envolver a formação de uma equipe multidisciplinar.

Algumas características podem influenciar na qualidade final do produto como, por exemplo, o peso da máquina de usinagem. Tornos menores e mais leves podem vibrar ou se deslocar com mais facilidade que máquinas maiores, resultando em limitações na usinagem. Quanto maior uma máquina de usinagem, maior sua capacidade de copiar pequenos detalhes de uma restauração odontológica pela quantidade de eixos em que determinada ferramenta pode trabalhar. Quanto menos eixos uma máquina possui, menor, mais simples e mais barata ela é. A maior

vantagem do processo laboratorial é sua versatilidade, pois a peça fica pronta imediatamente após a usinagem, que pode estar inclusive dentro do ambiente ambulatorial-clínico, resultando em maior produtividade (BERNARDES et al., 2012).

O controle de qualidade das peças fabricadas pode ser feito de três maneiras: direto em boca, no modelo de gesso ou com auxílio de um modelo ou réplica da cavidade oral ou troquel da área que foi escaneada; ambas de forma convencional (visualmente) ou com ajuda de lentes de aumento ou medidores automatizados. Hoje, as máquinas de impressão por processos de estereolitografia (técnica em que se depositam várias camadas de resinas de forma controlada por processos CAD/CAM que são imediatamente polimerizadas) podem ajudar uma fábrica a fazer ajustes fora do ambiente com ajuda de protótipos rápidos ou réplicas daquilo que foi inicialmente escaneado. Empresas de implantes têm o dever de se comprometer em ter peças (implantes e componentes protéticos) com limites de adaptação (tolerâncias) eficientes, pois isso também determina a qualidade de um sistema (BERNARDES et al., 2012).

A tecnologia CAD/CAM permite o controle de qualidade em nível micrométrico, o que é de grande importância, especialmente em infraestruturas de próteses parafusadas sobre implantes, pois essas exigem mais precisão de adaptação do que as próteses cimentadas sobre dentes ou implantes, já que o cimento facilita a passividade da peça. Estruturas adaptadas diretamente sobre um implante ou intermediários customizados são as peças que exigem o maior critério de adaptação, pois são peças sempre parafusadas (BERNARDES et al., 2012).

Para a fabricação de um protótipo (modelo físico obtido de uma moldagem virtual), são utilizadas duas abordagens: a subtrativa e a aditiva (LIU et al., 2006).

No método subtrativo, o material é subtraído de um bloco inicial de material para deixar uma peça com a forma desejada (tal como uma restauração dentária). Os primeiros sistemas CAD/CAM se basearam quase exclusivamente na lapidação de um bloco pré-fabricado para obter uma restauração, com o uso de brocas, diamantes ou discos de diamante (WITKOWSKI, 2002), geralmente realizado por uma usinagem de controle numérico convencional, tal como moagem (PETZOLD et al., 1999). Processos subtrativos usam movimentos planejados cuidadosamente da ferramenta para cortar o material. A usinagem por controle numérico é usada normalmente em pequenas máquinas de modelagem, que são usadas para fabricar coroas metálicas e/ou cerâmicas em Odontologia (AZARI; NIKZAD, 2009). A fabricação subtrativa pode

criar uma forma completa de maneira efetiva, embora à custa de muito material desperdiçado. Em um típico método subtrativo na Odontologia, aproximadamente 90% do bloco inicial é removido para a criação de uma restauração dentária típica (STRUB et al., 2006). O sistema CAD/CAM pode competir bem com sistemas convencionais para ajustes clínicos e de resistência à fratura e pode alcançar resultados aceitáveis *in vitro* (TORABI-ARDEKANI et al., 2012; TORABI et al., 2015).

Alternativamente, a fabricação aditiva é um processo em que a peça final desejada é fabricada pela adição de várias camadas de materiais, uma em cima de outro (COHEN, 2008). A ideia chave deste método inovador é que os três modelos dimensionais CAD (CAD 3D) são cortados em muitas camadas finas e o equipamento de fabricação usa estes dados geométricos para construir cada camada sequencialmente, até que a peça seja concluída. Por esta razão. A fabricação aditiva é frequentemente chamada "fabricação em camadas", "fabricação digital direta", "impressão tridimensional", ou "fabricação sólida livre" (ANDONOVIC; VRTANOSKI, 2010). A varredura na tecnologia aditiva produz formas complexas arbitrariamente, com cavidades e áreas retentivas, como o caso das estruturas da anatomia humana (TORABI-ARDEKANI et al., 2012)

Os métodos subtrativos têm algumas limitações em comparação com técnicas aditivas: a precisão de ajuste do contorno interior da restauração depende do tamanho da menor ferramenta utilizável para cada material e se a ferramenta de corte foi maior em diâmetro do que algumas partes da preparação do dente, isso resultará na redução da precisão de ajuste interno ou das propriedades marginais inferiores (WITKOWSKI, 2005; TORABI-ARDEKANI et al., 2015; SUN; ZHANG, 2012):

- 1) uma quantidade considerável de matéria-prima é desperdiçada porque as partes não usadas dos monoblocos devem ser descartadas após trituração e a reciclagem do material cerâmico em excesso não é viável;
- 2) as ferramentas de fresamento estão expostas à abrasão pesada e desgaste, portanto suportam apenas curtos ciclos de funcionamento;
- 3) rachaduras microscópicas podem ser introduzidas nas superfícies das cerâmicas devido à usinagem deste material frágil;
- 4) não é fácil nem econômica para áreas retentivas grandes e completas e/ou para peças de moagem complexa.

Nessa perspectiva, as técnicas de prototipagem rápida (PR) apresentam potencial para superar as deficiências descritas.

Em geral, as vantagens da técnica de CAD/CAM podem ser consideradas por: (1) eliminação de interferências do material de impressão, pois esta fase é eliminada; (2) com o uso de scanner de superfície, o modelo pode ser produzido sem a possibilidade potencial de deformação de tecido; (3) o modelo é formado a partir de tecidos naturais e, portanto, próteses mais precisas são obtidas; (4) menor espaço de armazenamento, já que os modelos são armazenados em discos rígidos. A desvantagem mais destacada da técnica de CAD/CAM é seu elevado custo. Além disso, apesar de a maioria do procedimento ser realizado por computador, o nível de proficiência do clínico no aplicativo e na definição da coloração ideal do objeto pode impactar o sucesso da prótese final (KARATAS et al., 2011).

Os lingotes de cerâmicas usados para produzir as restaurações CAD/CAM

[...] não requerem processos de altas temperaturas. São colocados em uma máquina (*Computer Aided Machine* - CAM), que produz o desejado contorno da restauração, sendo comandados por um programa de computador (*Computer Aided Design* - CAD). O desgaste do lingote é realizado por discos diamantados ou outras brocas até as dimensões obtidas da imagem escaneada do preparo. A superfície externa é desgastada manualmente, embora alguns sistemas CAD/CAM recentes sejam capazes de produzir a anatomia da superfície externa também. No sistema CAD/CAM, o computador converte as informações digitalizadas obtidas pelo scanner em pontos tridimensionais, que reproduzem os contornos do preparo dentário na tela do computador com alta fidelidade. Após o processamento desses dados é possível, por meio de um software específico, trabalhar sobre esse preparo definindo suas margens, estabelecendo espessura uniforme da infraestrutura protética, tipo de colar cervical e espessura do espaço interno para o agente cimentante e outros detalhes. Uma linha de comunicação via modem permite que o scanner possa ficar separado do local de produção (FRANCISCHONE; VASCONCELOS, 2000, citados por PEDROSA, 2012 p.6).

Para ilustrar como se processam os métodos de cerâmica prensada e de cerâmicas por CAD/CAM, seguem-se relatos de alguns casos clínicos que envolvem a avaliação de adaptação marginal nos dois métodos, objeto específico deste estudo.

Goldin et al. (2005, citados por SANTOS, 2015, p.36) propuseram um estudo *in vitro* para comparar a adaptação marginal

[...] de um sistema cerâmico prensável, quando utilizado na confecção de coroas completamente cerâmicas e metalocerâmicas, com uma restauração metalocerâmicas tradicional. Um incisivo central superior foi preparado com uma margem em formato de chanfro para receber as restaurações, que posteriormente foi moldado com poliéter e vazado, utilizando gesso pedra tipo IV. As coroas foram então confeccionadas em troques individuais: 15 restaurações de cerâmica prensada (PCR); 15 restaurações prensadas sobre metal (PTM); e 15 restaurações metalocerâmicas (MCR). Os dados obtidos foram analisados sobre microscópio óptico em um aumento de 45 vezes, o que mostrou uma média de discrepância marginal para PCR de $81 \pm 25 \mu\text{m}$, para PTM de $88 \pm 29 \mu\text{m}$, e para MCR de $94 \pm 41 \mu\text{m}$. Os autores constataram

similaridade entre as restaurações cerâmicas prensadas, tanto sobre metal ou totalmente cerâmicas, com as restaurações metalocerâmicas tradicionais.

Barbosa (2008) avaliou a adaptação marginal e interna de coroas cerâmicas confeccionadas com três sistemas cerâmicos. Dez molares humanos receberam preparo para coroa total. Para cada molar foram confeccionadas três diferentes coroas cerâmicas, uma coroa cerâmica obtida com a fresagem de blocos de ProCAD pelo sistema CAD/CAM Cerec 3, uma pelo sistema CAD/CAM Cerec in-Lab com infraestruturas cerâmicas obtidas com a fresagem de blocos de IPS e.max ZirCAD e cobertura de IPS e.max Ceram, e uma pelo sistema injetável com infraestrutura de IPS Empress 2 e cobertura com cerâmica IPS e.max Ceram. Antes do ajuste interno, foi realizada a avaliação da adaptação marginal com a mensuração da discrepância marginal absoluta de réplicas de resina epóxica das faces vestibular, lingual, mesial e distal por meio de microscópio eletrônico de varredura (MEV). Após o ajuste interno, novas réplicas foram realizadas para as mensurações da discrepância marginal absoluta. A diferença entre essas mensurações permitiu determinar a influência do ajuste interno. A avaliação da adaptação interna foi avaliada com a simulação de cimentação com um silicone de adição. As réplicas internas foram seccionadas nos sentidos mesiodistal e vestibulolingual. Em cada plano foram realizadas 12 mensurações da espessura de película de silicone, totalizando 24 mensurações por coroa. O teste de Wilcoxon pareado (*Wilcoxon sign rank test*) foi aplicado para as comparações entre os grupos. Os valores médios e o desvio padrão das discrepâncias marginais absolutas das coroas após o ajuste interno foram de $77,0 \mu\text{m} \pm 13,7 \mu\text{m}$ para o grupo Cerec 3, de $60,8 \mu\text{m} \pm 19,8 \mu\text{m}$ para o grupo Cerec in-Lab e de $58,4 \mu\text{m} \pm 18,2 \mu\text{m}$ para o grupo injetável. Entretanto, não houve diferença estatística significativa entre os grupos. Os valores médios e os desvios padrão da espessura de película na cervical foram de $52,3 \mu\text{m} \pm 17,1 \mu\text{m}$ para o grupo injetável, de $58,1 \mu\text{m} \pm 15,7 \mu\text{m}$ para o grupo Cerec in-Lab e de $62,8 \mu\text{m} \pm 10,1 \mu\text{m}$ para o grupo Cerec 3. O ajuste interno das coroas diminuiu em 36,6% os valores médios de adaptação externa de todos os grupos, quando foi repetido por duas vezes. Após o ajuste interno, todas as coroas cerâmicas apresentaram valores de discrepância marginal absoluta inferiores a $120 \mu\text{m}$, considerados clinicamente aceitáveis.

Ural et al. (2010) avaliaram cinquenta peças cerâmicas confeccionadas em cerâmicas termoprensáveis, infiltradas por vidro pelo sistema CAD/CAM, e com a técnica da cera perdida seguindo as instruções de confecção estabelecidas, e

posteriormente analisando os dados através de microscopia eletrônica de varredura. O sistema IPS Empress 2 apresentou uma desadaptação marginal média de 61,94 μ m, já no sistema CAD/CAM, o Cerec-3 apresentou um gap de 29,26 μ m e o Cercon 77,10 μ m. Foi concluído que a adaptação das coroas é afetada pela técnica de fabricação e pelo processo de cimentação.

Como existe confusão quanto ao que constitui uma preparação de coroa cerâmica ideal e se determinados desvios podem afetar a adaptação marginal da restauração, Renne et al. (2012) avaliaram a diferença marginal de coroas E4D fabricadas a partir de preparos concluídos por clínicos (com diferentes níveis de especialização) para identificar se os erros comuns afetam o ajuste marginal. Foram examinadas as adaptações marginais de 75 coroas fabricadas com o sistema E4D em preparos de qualidade variável usando a técnica de réplica. Os critérios de avaliação foram visuais nas categorias: excelente, ajustada ou pobre. Estes exames visuais procuraram a presença de erros comuns de preparo, especialmente aqueles que envolvem a linha de término. Os valores de abertura marginal média e desvios-padrão foram calculados para cada categoria, e o teste de Kruskal-Wallis foi usado para determinar a significância. Os resultados mostraram uma correlação estatisticamente significativa entre o ajuste marginal de uma coroa fabricada por CAD/CAM e a qualidade da preparo. A diferença marginal média das coroas fabricadas em preparos ideais foi 38,5 μ m, a das consideradas ajustadas tinha uma lacuna marginal média de 58,3 μ m, enquanto a das classificadas como pobres foi de 90.1 μ m em média. As diferenças de forma entre todos os 3 grupos foram estatisticamente significantes ($P < .05$). Dentro das limitações do estudo in vitro, Renne et al. (2012) concluíram que a qualidade da preparação tem um impacto significativo na lacuna marginal em coroas fabricadas com um sistema de CAD/CAM.

Em um estudo realizado por Schaefer et al., 2012, citados por SANTOS, 2015, p.36) com o objetivo de visualizar e quantificar a adaptação marginal e interna de restaurações cerâmicas termo prensadas,

[...] um modelo de acrílico do primeiro molar inferior esquerdo foi preparado para receber uma coroa parcial. Este modelo foi então replicado em troqueis de gesso tipo IV, que receberam restaurações cerâmicas indiretas de dissilicato de lítio termo prensadas (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein). O modelo de acrílico e as coroas parciais foram digitalizados e inspecionados, as discrepâncias marginais e internas foram então representadas em cores. O valor médio da discrepância marginal das restaurações foi de 78 (18) μ m, e 34 (14) μ m para a discrepância interna. Quando comparadas entre si as restaurações apresentaram uma variação de

23 (3) μm na desadaptação marginal, e 14 (2) μm na desadaptação interna. Foram constatadas diferenças significativas entre a adaptação marginal e interna em ambos os quesitos analisados: precisão (preparo comparado à restauração); e reprodutibilidade (restaurações comparadas entre si).

Na pesquisa de Subasi et al. (2012), o sistema termo-prensável IPS e.max Press apresentou uma média de adaptação marginal de 101,85 μm , bastante elevada em relação ao observado em outras pesquisas, mas ainda dentro de um padrão considerado como clinicamente aceitável.

Anadioti et al. (2014) avaliaram o ajuste marginal 3D e 2D de coroas de cerâmica prensadas e feitas por CAD/CAM (impressões digitais e convencionais). Um dente (#30) foi preparado com uma coroa de cerâmica (modelo mestre). Trinta modelos definitivos obtidos em gesso do tipo IV foram feitas a partir de 30 impressões de siloxano polivinílico (PVS). Trinta modelos de resina foram produzidos a partir de impressões pelo Lava Chairside Oral Scanner. Trinta coroas (IPS e.max Press; técnica de impressão/15) foram prensadas em dissilicato de lítio. Trinta coroas (IPS e.max CAD; técnica impressão/15) foram moídas de blocos de dissilicato de lítio usando o scanner E4D e mecanismo de moagem. O modelo mestre e o talhe das coroas foram digitalizados usando uma máquina de medição coordenada 3D a laser com precisão de ± 0.00898 mm. Para cada amostra, um conjunto de dados separado foi criado para o software Quality 2012. O modelo mestre digital e o talhe digital de cada coroa foram fundidos usando-se o alinhamento mais adequado. Foi definida circunferencialmente uma área acima da margem com 0,75 mm de largura oclusal-gengival. O ajuste marginal 3D de cada amostra foi uma média de todos os valores de abertura 3D naquela área. Para as medições de 2D, o fosso marginal foi medido em dois pontos padronizados (sobre a margem e a 0,75 mm acima da margem), de seções digitalizadas padronizadas facial-lingual e mesial-distal. Foram usados separadamente os testes One-Way ANOVA e de Tukey, e os testes Two-Way ANOVA, com diferença significativa, para a análise estatística dos dados marginais 3D e 2D (alfa = 0,05). One-way ANOVA revelou que as diferenças marginais médias tanto em 3D quanto em 2D para o grupo A: impressão PVS / IPS e.max Press ($0.048\text{mm} \pm 0.009$ e $0.040\text{mm} \pm 0.009$) foram significativamente menores do que aquelas obtidas dos outros três grupos ($p < 0,0001$). Não houve diferença significativa encontrada entre os grupos B, C e D. Grupo B: impressão PVS / IPS e.max CAD ($0,088$ mm \pm $0,024$ e $0,076$ mm \pm $0,023$), Grupo C: impressão digital / IPS e.max Press (0.089 mm \pm 0.020 e $0,075$ mm \pm $0,015$) e Grupo D: impressão digital / IPS e.max

CAD ($0,084 \text{ mm} \pm 0,021$ e $0,074 \text{ mm} \pm 0,026$). Os resultados do Two-Way ANOVA revelaram uma interação significativa entre as técnicas de impressão e os métodos de fabricação das coroas para medições tanto em 3D quanto em 2D. A combinação da técnica de impressão e de fabricação prensada PVS produziu as mais precisas adaptações marginais em 3D e 2D.

Em um estudo objetivando avaliar a adaptação interna e a adaptação marginal de onlays fabricados através da técnica termoprensada e CAD/CAM, Guess et al., 2014, citados por SANTOS, 2015, p.32)

[...] dividiram de forma randomizada 72 dentes inferiores extraídos e livres de cárie em três grupos, realizando em todos um preparo para onlay com uma cavidade mesio-ocluso-distal e redução oclusal de todas as cúspides. Os dentes foram restaurados com coroas totalmente cerâmicas, pela técnica de cerâmica injetada termoprensada de IPS-e.max-Press e Vita-PM9 e pela técnica CAD-CAM da IPS-e.max-CAD, cimentados com um cimento resinoso dual e submetidos a uma simulação do meio bucal, causando a fadiga do material. Os autores concluíram que a cimentação de onlays resultou num aumento dos valores das fendas marginais em todos os grupos, mas ambas as técnicas apresentaram um valor clinicamente aceitável de discrepância marginal, ou seja, a exigência de $100 \mu\text{m}$ para adaptação marginal foi preenchida por ambas as técnicas de fabricação cerâmica. A adaptação marginal não foi afetada pelas técnicas de fabricação prensada e CAD/CAM. A fabricação prensada resultou em uma adaptação interna de onlays superior em comparação com a técnica de CAD/CAM.

O objetivo do estudo de Pradies et al. (2015) foi comparar o ajuste das coroas cerâmicas fabricadas a partir de impressões convencionais de silicone com o ajuste de coroas de cerâmica fabricadas a partir de impressões digitais intraorais. Foram selecionados para o estudo vinte e cinco participantes com 30 dentes posteriores com demanda de prótese. Duas coroas foram feitas para cada preparação. Uma coroa foi fabricada a partir de um sistema de impressão digital intraoral (grupo IDI) e a outra foi fabricada por uma impressão de silicone convencional em duas fases (grupo CI). Para replicar a interface entre a coroa e a preparação, cada coroa foi cimentada com seu correspondente de preparo clínico com silicone ultrafluxo. Cada coroa foi incorporada a uma resina acrílica para estabilizar a interface registrada e, em seguida, cortada em fatias grossas de 2mm em uma orientação bucolingual. O gap interno foi determinado como a distância vertical entre a superfície interna da coroa até a superfície do dente preparado e em quatro pontos (gap marginal, gap axial, gap crestal e gap da fossa oclusal) usando estereomicroscópio com uma ampliação de $40 \times$. Os dados foram analisados usando o teste de Wilcoxon ($\alpha = 0,05$). Os valores de adaptação interna foram significativamente afetados pela

técnica de impressão ($p=0,001$). O gap marginal médio foi de $76.33 \pm 65.32 \mu\text{m}$ para as coroas do grupo IDI e de $91.46 \pm 72.17 \mu\text{m}$ para o grupo de CI. As coroas de cerâmica fabricadas a partir de impressões digitais intraorais demonstraram melhor ajuste interno do que coroas fabricados a partir de impressões do silicone. Os autores concluíram que as impressões obtidas de um scanner digital intraoral podem ser usadas para a fabricação de coroas cerâmicas na prática clínica normal com melhores resultados do que impressões convencionais com elastômeros.

4.4 Fatores que influenciam na adaptação marginal de coroas de porcelana

Como todo material restaurador, a cerâmica também apresenta desvantagens, tais como custo elevado, necessidade de equipamentos específicos, friabilidade, baixa resistência à tração e alto módulo de elasticidade, o que a torna extremamente frágil antes de sua cimentação (SOARES et al., 2003). Isso pode, além de comprometer a integridade marginal se sua espessura e assentamento ao dente não forem corretos, trazer grandes problemas periodontais. A manutenção da saúde gengival e a longevidade de uma prótese estão intimamente relacionadas com a integridade do selamento marginal conseguido durante a confecção de uma prótese. Um selamento marginal deve satisfazer todos os requisitos biológicos, físicos e estéticos, mas respeitando as particularidades de cada caso (ALKUMRU et al., 1992, BALKAYA et al., 2005).

Fatores importantes como espessura do cimento, tipo de preparo, término no remanescente dental, técnica utilizada para a confecção da restauração e também a habilidade do profissional e os procedimentos de cimentação são critérios relevantes para alcançar melhores resultados de adaptação marginal (IKONOSHI et al., 1992).

A interferência no assentamento e adaptação de coroas não depende somente das etapas de cimentação ou do tipo do material. Outros fatores estão envolvidos como forma ou desenho de término cervical, acabamento cervical dos preparos, técnica de fundição executada, graus de convergências das paredes axiais preparadas, alívio da superfície interna da coroa. É importante salientar ainda que os trabalhos de pesquisa apresentam resultados discrepantes para o assentamento da prótese antes ou após a cimentação quando são analisados esses fatores (ROCHA et al., 1998).

Existem diferentes tipos de desajuste que interferem na adaptação, pois são detectados através da avaliação feita usando sondas exploradoras: (1) desajuste marginal horizontal de degrau negativo (que ocorre quando o metal se encontra aquém da margem preparada do dente, ou seja, o metal não cobre o término cervical), (2) desajuste marginal horizontal de degrau positivo (quando há um excesso de metal na margem do término), (3) desajuste marginal vertical (espaço existente entre a margem da restauração e o término cervical) e (4) desajuste marginal absoluto (quando detectados os dois desajustes, vertical e horizontal). (PEGORARO et al., 2014).

Clinicamente a verificação da adaptação marginal entre prótese-dente é feita através de manobra realizada com o uso de uma sonda exploradora ou por exame radiográfico. Durante a movimentação da sonda exploradora nos sentidos gengivo-oclusal/inciso gengival, a ponta da sonda não pode apresentar movimentos bruscos em sua trajetória. Durante a avaliação há de se considerar o diâmetro da sonda: sondas novas e com pontas finas apresentam diâmetro que variam entre 50 e 130 μm . Isso significa que a ponta da sonda só consegue detectar um espaço entre a interface dente/coroa quando este for maior que a ponta da sonda. Clinicamente é impossível mensurar este desajuste marginal vertical, pois não se tem aparelhos que façam esta medição (PAULA et al., 2014 apud PEGORARO LF 2014).

5 RESULTADOS

Os resultados específicos revelaram os valores de desadaptação marginal com média de 95,25 μ m para coroa de e-max confeccionada pelo sistema CAD/CAM e de 117,5 μ m para o coping de e-max confeccionado pelo sistema prensado, conforme a tabela 1:

Tabela 1 – Demonstração dos valores de desadaptação marginal entre uma coroa de e-max confeccionada pelo sistema CAD/CAM e um coping de e-max confeccionada pelo sistema prensado (μ m)

MEDIDAS MÉDIAS DAS FACES (μ m)	COROAS EM E.MAX CAD	COPING EM E.MAX PRESS (PRENSADO)
Vestibular	132,0	140,0
Lingual	155,0	190,0
Mesial	63,0	53,0
Distal	31,0	114,0
Média	95,25	117,75

Fonte: Dados de pesquisa, 2017.

6 DISCUSSÃO

Em relação à adaptação marginal dos diversos sistemas de próteses ceramocerâmicas, observa-se que sua qualidade está diretamente relacionada a vários fatores: tipo de porcelana, forma de usinagem (blocos pré-sinterizados ou parcialmente sinterizados), tipo de cimentação, método de fabricação (sistemas CAD/CAM ou técnica convencional de cera perdida) e sistema de escaneamento (SOARES et al., 2003; BALKAYA et al., 2005).

Tantas variáveis fazem com que seja necessária a avaliação individual de cada sistema isolado considerando-se cada fator de influência. Porém, é importante salientar que, apesar das diferenças encontradas entre os diversos sistemas ceramocerâmicos existentes, a grande maioria apresenta valores de adaptação marginal compatíveis com os padrões considerados aceitáveis para o uso clínico (NAKAMURA, 2005; BARBOSA, 2008; SUBASI et al., 2011; ANADIOTI et al., 2014, GUESS et al., 2014). Isso faz com que este tipo de material seja levado em consideração como mais uma alternativa nos trabalhos protéticos, tendo sempre em mente que existem limitações e que uma correta indicação é imprescindível para o sucesso de qualquer procedimento odontológico

Dentre os diferentes trabalhos avaliados, apesar da falta de padronização da metodologia científica empregada, as próteses ceramocerâmicas feitas pelos sistemas Lava (ANADIOTI et al., 2014, ANADIOTI et al., 2015) e Procera foram as que apresentaram melhores resultados de adaptação marginal. Deve-se lembrar que, de modo geral, os demais sistemas também apresentaram resultados que estão dentro dos considerados aceitáveis para o uso clínico.

Sabe-se que o procedimento de moldagem e a obtenção em gesso, por si só, geram um pequeno desajuste marginal (QUINTAS et al., 2004), mas nas técnicas que exigem a duplicação do modelo de gesso em material refratário, no sistema cerâmico In Ceram ou Ceramcap, essa desadaptação poderia ser mais evidente.

Os fabricantes têm melhorado os problemas de desadaptação marginal encontrados em alguns sistemas ceramocerâmicos.

Segundo Nakamura (2005), os melhores resultados têm sido encontrados para a técnica de slip casting ($25 + 18\mu\text{m}$) e algumas técnicas de usinagem ($17 + 16\mu\text{m}$). Existem diferenças nas técnicas de fabricação de cerâmicas usinadas, nas formas (laser ou contato) e no local (preparo ou modelo) da obtenção da imagem,

assim como nos diferentes programas de elaboração do desenho. Por isso cada sistema deve ser avaliado individualmente (LIU et al., 2006, BERNARDES et al., 2012)

A combinação da técnica de impressão e de fabricação prensada PVS produziu as mais precisas adaptações marginais em 3D e 2D (GUESS et al., 2014; ANADIOTI et al., 2014).

Como foi visto neste estudo, o e.max. Press (porcelana prensada) teve um gap marginal maior quando comparada com e.max CAD feito pelo sistema CAD/CAM. Este resultado difere do resultado obtido por Bindl e Mormann em 2005. Verifica-se, também, que a medida do gap destas restaurações encontra-se próxima dos limites aceitáveis preconizados por Leinfeilder et al. (1989) e Inokoshi et al. (1992).

Por tanto, se for considerar apenas o item da adaptação marginal das restaurações de porcelana, a comparação do custo/benefício do uso da tecnologia CAD/CAM em relação aos sistema de porcelana prensada, considerando os custos desses sistemas neste momento, fica-se em dúvida sobre a conveniência de se adquirir o sistema CAD/CAM. Esta pesquisa, no entanto, necessita prosseguir, aumentando o numero de corpos de prova e ampliando os objetivos estabelecidos para que realmente possa se tornar confiável.

7 CONCLUSÕES

7.1 Conclusão específica

A partir dos resultados obtidos neste estudo, ao comparar a adaptação da coroa de E.max.CAD com o coping em E.max prensado, conclui-se que a adaptação do coping de e.max press (prensado) foi pior do que a adaptação da coroa feita de e.max.cad através do sistema CAD/CAM.

7.2 Conclusão geral

- A evolução das restaurações dentárias foi apresentada, constatando-se que os fabricantes têm buscado sistematicamente desenvolver produtos que resultem no aprimoramento da estética e do resultado final das peças;
- O processamento de coroas prensadas e pelo sistema CAD/CAM foi informado, concluindo-se que os dois possuem suas vantagens e desvantagens, sendo as principais as seguintes: ambas possuem qualidade similar; as coroas prensadas demandam muito tempo e as feitas pelo sistema CAD/CAM apesar da rapidez, tem que se considerar o valor do equipamento e embuti-lo no custo dos trabalhos;
- A adaptação marginal foi discutida, percebendo-se que, mesmo com a rapidez e a tecnologia do processamento por computador (CAD/CAM), o resultado da adaptação marginal obtida pelo processamento manual é semelhante.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALKUMRU, H. N.; WILSON, H. J.; BOR, S. The fit of AllCeramic crown /cemented with different lutting agents. **J Marmara Univ Dent Fac**, n.1, p.198, 1992.
- ANADIOTI, E., AQUILINO, S. A., GRATTON, D. G., HOLLOWAY, J. A., DENRY, I., THOMAS, G. W., QIAN, F. 3D and 2D Marginal Fit of Pressed and CAD/CAM Lithium Disilicate Crowns Made from Digital and Conventional Impressions. **J Prosthodontol**, n.23, p.610-617, 2014.
- ANADIOTI, E., AQUILINO, S. A., GRATTON, D. G., HOLLOWAY, J. A., DENRY, I., THOMAS, G. W., QIAN, F. Internal fit of pressed and computer-aided design/computer-aided manufacturing ceramic crowns made from digital and conventional impressions. **J Prosthet Dent**, v.113, n.4, p.304-309, 2015.
- ANDONOVIC, V., VRTANOSKI, G. Growing rapid prototyping as a technology in dental medicine. **Mech Eng Sci J**, n.29, p.31-39, 2010.
- ANUSAVICE, K. J. **Materiais dentários**. 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.
- AZARI, A.; NIKZAD, S. The evolution of rapid prototyping in dentistry: a review. **Rapid Prototyping J**, n.15, p.216-225, 2009.
- BALKAYA, M. C.; CINAR, A.; PAMUK, S. Influence of firing cycles on the margin distortion of 3 all ceramic crown systems. **J Prosthet Dent**, v.93, n.4, p.346-355, 2005.
- BARBOSA, M. T. **Avaliação *in vitro* da adaptação marginal e interna de coroas cerâmicas confeccionadas com sistemas injetável e CAD/CAM**. 168 f. Dissertação (Mestrado em Dentística) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- BERNARDES, S. R.; TIOSSI, R.; SARTORI, I. A. M.; THOMÉ, G. Tecnologia CAD/CAM aplicada a prótese dentária e sobre implantes: o que é, como funciona, vantagens e limitações. Revisão crítica da literatura. **J Ilapeo**, v.6, n.1, p.8-13, 2012.
- BEUER, F.; SCHWEIGER, J.; EDELHOFF, D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. **Br Dent J**, n.204, p.505-511, 2008.
- BINDL, A.; MORMANN, W. H. Marginal and internal fit of all ceramic CAD/CAM crown coping on chamfer preparations. **J Oral Rehab**, v.32, n.6, p.441-447, 2005.
- BRUTON, P. A. Procera All-ceramic crown: a new approach to an old problem. **Br Dent J**, v.186, n.9, p.430-434, 1999.

COHEN, A.; LAVIV, A.; BERMAN, P.; NASHEF, R.; ABU-TAIR, J. Mandibular reconstruction using stereolithographic 3- dimensional printing modeling technology. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, n.108, p.661-666, 2009

COHEN, A. **Vacuum forming applications using rapid prototyping technology**. Object Geometries: White Paper, 2008. Disponível em: http://www.tritech3d.co.uk/images/contentitems/63_1_1.pdf. Acesso em: 12 out. 2008.

CONCEIÇÃO, E. N. **Restaurações estéticas**: compósitos, cerâmicas e implantes. Porto Alegre: Artmed, 2005.

CONRAD, H. J.; SEONG, W.J.; PESUN, I. J. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. **J Prosthet Dent**, n.98, p.389-404, 2007.

CRAIG, R. G. **Materiais dentários restauradores**. 11 ed. São Paulo: Ed. Santos, 2004, p.575.

DELLA BONA, A.; MECHOLSKY JR., J. J.; BARRETT, A. A.; GRIGGS, J. A. Characterization of glass-infiltrated alumina-based ceramics. **Dent Mater**, v.24, n.11, p.1568–1574, 2008.

DENRY, I.; HOLLOWAY, J. Ceramics for dental applications: a review. **Materials**, n.3, p.351-368, 2010.

GARCIA, L. F. R; CONSANI, S.; CRUZ, P. C.; et al. Análise crítica do histórico e desenvolvimento das cerâmicas odontológicas. **RGO**, n.59, p.63-73, 2011.

GOMES, E. A.; ASSUNÇÃO, W. G.; ROCHA, E. P.; et al. Cerâmicas odontológicas: o estado atual. **Cerâmica**, n.54, p.319-325, 2008.

GUESS, P. C.; VAGKOPOULOU, T.; ZHANG, Y.; WOLKEWITZ, M.; STRUB, J. R. Marginal and internal fit of heat pressed versus CAD/CAM fabricated all-ceramic onlays after exposure to thermo-mechanical fatigue. **J Dent**, v.42, n.2, p.199-209, 2014.

HOLAND, W.; SCHWEIGER, M.; WATZKE, R.; et al. Ceramics as biomaterials for dental restoration. **Expert Rev Med Devices**, n.5, p.729-745, 2008.

INOKOSHI, S. ; VAN MEERBEEK, B. ; WILLEMS, G. ; LAMBRECHTS, P. ; BRAEM, M. ; VANHERLE, G. Marginal accuracy of CAD/CAM inlays made with the original and the updated software. **J Dent**, v.20, n.3, p.171-177, 1992.

JACOBS, M. S.; WINDELER, A. S. An investigation of dental luting cement solubility as a function of the marginal gap. **J Prosthet Dent**, n.65, p.436-442, 1991.

KARATAS, M. O.; CIFTER, E. D.; OZENEN, D. O.; BALIK, A.; TUNCER, E. B. Manufacturing implant supported auricular prostheses by rapid prototyping techniques. **Eur J Dent**, n.5, p.472-477, 2011.

KIYAN, O.; KIYAN, L. S. **Atualização em prótese dentária**. São Paulo: Santos, 2002.

KINA, S. Cerâmicas dentárias. **Rev Dental Press Estet**, v.2, n.2, p.111-128, 2005.

LEE, W. S.; LEE, D. H.; LEE, K. B. Evaluation of internal fit of interim crown fabricated with CAD/CAM milling and 3D printing system. **J Adv Prosthodont**, n.9, p.265-270, 2017.

LEINFELDER, K. F. ; ISENBERG, B. P. ; ESSIG, M. E. et al. A new method for generating ceramic restorations: a CAD-CAM system. **J Am Dent Assoc**, v.118, n.6, p.703-707, 1989.

LIU, Q.; LEU, M. C.; SCHMITT, S. M. Rapid prototyping in dentistry: Technology and application. **Int J Adv Manuf Technol**, n.29, p.317-335, 2006.

MACKERT, J.R.; EVANS, A. L. Effect of colling rate on leucite volume fraction in dental porcelain. **J Dent Res**, n.70, p.137-139, 1991.

MARTINS, L. M. ; LORENZONI, F. C. ; FARIAS, B. C. ; et al. Comportamento biomecânico das cerâmicas odontológicas: revisão. **Cerâmica**, n.56, p.148-155, 2010.

MCLAREN, E. A.; FIGUEIRA, J. Updating classifications of ceramic dental materials: a guide to material selection. **Inside Dentistry**, n.3, p.48-72, 2015.

MCLEAN, J. W.; HUGHS, T. H. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. **Br Dent J**, v.119, n.6, p.251-267, 1965.

MELLO, C. C. **M527s Sistemas CAD/CAM**: Avaliação da precisão de aquisição de dados. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, 2014.

NAKAMURA, T.; TANAKA, H.; KINUTA, S.; AKAO, T.; OKAMOTO, K.; WAKABAYASHI, K.; YATANI, H. In vitro study on marginal and internal fit of CAD/CAM all-ceramic crowns. **Dent Mat J**, v.24, n.3, p.456-459, 2005.

PEDROSA, A. C. **Sistemas cerâmicos metal free**. Monografia (Especialização em Prótese Dentária) – IES, Belo Horizonte, 2012.

PEGORARO, L. F.; TELLES, D. M.; HOLLVEG, W.; BARBOSA, L. C.. **Fundamentos de prótese fixa**. São Paulo: Artes Médicas, 2014. (Série Abeno: Odontologia Essencial - Parte Clínica).

PETZOLD, R.; ZEILHOFER, H. F.; KALENDER, W. A. Rapid prototyping technology in medicine--basics and applications. **Comput Med Imaging Graph**, n.23, p.277-284, 1999.

PRADÍES, G.; ZARAUZ, C.; VALVERDE, A.; FERREIROA, A.; MARTÍNEZ-RUS, F. Clinical evaluation comparing the fit of all-ceramic crowns obtained from silicone and

digital intraoral impressions based on wavefront sampling technology. **J Dent**, v.43, n.2, p.201-208, 2015.

QUINTAS, A. F.; OLIVEIRA, F.; BOTTINO, M. A. Vertical marginal discrepancy of ceramic copings with different ceramic materials, finish lines, and luting agents: an in vitro evaluation. **J Prosthet Dent**, v.92, n.3, p.250-257, 2004.

REEVES, W. G. Restorative margin placement and periodontal health. **J Prosthet Dent**, n.66, p.733-736, 1991.

RENNE, W.; MCGILL, S. T.; FORSHEE, K. V. S.; DEFEE, M. R.; MENNITO, A. S. Predicting marginal fit of CAD/CAM crowns based on the presence or absence of common preparation errors. **J Prost Dent**, v.108, n.5, p.310-315, 2012.

RINKE, S.; HÜLS, A.; JAHN, L. Marginal Accuracy and fracture: Strength of Conventional and Copy-Milled AK-Ceramic Crowns. **Int J Prosthodont**, v.8, n.4, p.303-310, 1995.

ROCHA, C. A. J.; FIGUEREDO, A. R.; BOTTINO, M. A. Análise das discrepâncias verticais verificadas em coroas metálicas cimentadas em função do tipo de acabamento cervical dos preparos, alívio interno e cimentos empregados. **Pós Grad Rev Fac Odontol**, v.1. n.1, p.35-46, 1998.

RODRIGUES NETO, E. **Adaptação marginal de coroas totais cerâmicas executadas em diferentes sistemas**. 148 p. Tese (Doutorado em Dentística Restauradora) - Faculdade de Odontologia, Araraquara, Universidade Estadual Paulista, 2008.

SANTOS, M. V. **Comparação da adaptação marginal de peças protéticas confeccionadas no sistema CAD/CAM e no sistema termo-prensável: uma revisão de literatura**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina. 2015.

SCHAEFER, O.; WATTS, D. C.; SIGUSCH, B. W.; KUEPPER, H.; GUENTSCH, A. Marginal and internal fit of pressed lithium disilicate partial crowns in vitro: a three-dimensional analysis of accuracy and reproducibility. **Dent Mater**, v.28, n.3, p.320-326, 2012.

SHEARER, B.; GOUGH, M.B.; SETCHELL, D.J. Influence of marginal configuration and porcelain addition on the fit of In-Ceram crowns. **Biomaterials**, v.17, n.19, p.1891-1895, 1996.

SIERVO, S. The CELAY system: a comparison of the fit of direct and indirect fabrication techniques. **Int J Prosthodont**, v.7, n.5, p.434-439, 1994.

SJÖGREN, G. Marginal and internal fit of four different types of ceramic inlays after luting: an in vitro study. **Acta Odontol Scand**, n.53, p.24-28, 1995.

SOARES, C. J.; MARTINS, L. R. M.; FERNANDES, A. J.; GIANNINI, M. Marginal adaptation of indirect composites and ceramic inlay systems. **Oper Dent**, v.28, n.6, p.689-694, 2003.

SORENSEN, J. A.; OKAMOTO, S. K. Comparison of marginal fit of all ceramic crown systems. **J Dent Res**, n.66, p.283, 1987.

SOUZA, A. F.; COELHO, R. T. **Tecnologia CAD/CAM** – definições e estado da arte visando auxiliar sua implantação em um ambiente fabril. In: ENEGEP XXIII, Ouro Preto, MG, out. 2003.

STOPP, S.; WOLFF, T.; IRLINGER, F.; LUETH, T. A new method for printer calibration and contour accuracy manufacturing with 3D-print technology. **Rapid Prototyp J**, n.14, p.167-172, 2008.

STRUB, J. R.; REKOW, E. D.; WITKOWSKI, S. Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. **J Am Dent Assoc**, n.137, p.1289-1296, 2006.

SUBASI, G.; OZTURK, N.; INAN, O.; BOZOGULLARI, N. Evaluation of marginal fit of two all-ceramic copings with two finish lines. **Eur J Dent**, v.6, n.2, p.163-168, 2012.

SUN, J.; ZHANG, F. Q. The application of rapid prototyping in prosthodontics. **J Prosthodont**, n.21, p.641-644, 2012.

TORABI-ARDEKANI, K.; AHANGARI, A. H.; FARAHI, L. Marginal and internal fit of CAD/CAM and slip-cast made zirconia copings. **J Dent Res Dent Clin Dent Prospects**, v.6, n.2, p.42-48, 2012.

TORABI, K.; FARJOOD, E.; HAMEDANI, S. Rapid Prototyping technologies and their applications in prosthodontics, a review of literature. **J Dent Shiraz Univ Med Sci**, v.16, n.1, p.1-9, 2015.

URAL, Ç.; BURGAZ, Y.; SARAÇ, D. In vitro evaluation of marginal adaptation in five ceramic restoration fabricating techniques. **Quintessence Int**, v.41, n.7, p.585-590, 2010.

VAN MEERBEEK B. et al. Marginal adaptation of four tooth-colored inlay systems in vitro. **J Dent**, v.20, n.1, p.18-26, 1992.

VAHIDI, F.; EGLOFF, E.T.; PANNO, F.V Evaluation of marginal adaptation of All-ceramic crowns and metal ceramic crowns. **J Prosthet Dent**, v.66, n.4, p.426-431, 1991.

WITKOWSKI, S. (CAD-)/CAM in dental technology. **Quintessence Dent Technol**, n.28, p.69-184, 2005.

WITKOWSKI, S. (CAD-)/CAM in der Zahntechnik: Buyer's Guide 2003. **Zahntech Mag**, n.6, p.696-709, 2002.

WOLFF, G. **SO7 Texto CAD-CAM (Síntese)**. Universidade Tecnológica do Paraná, 19 set. 2017, p.1-24. Disponível em:
<http://paginapessoal.utfpr.edu.br/wolff/disciplinas/et7bh-sistemas-flexiveis-de-manufatura/s08/S07%20Texto%20CAD%20CAM%20-Sintese.pdf/view>. Acesso em: 11 nov. 2017.