

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
CENTRO INTEGRADO DE SAÚDE- FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
PPG – MESTRADO EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA

**Monize Carelli Felipe Antunes**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE  
SOBRE A ADAPTAÇÃO MARGINAL E RESISTÊNCIA DE UNIÃO  
ENTRE COROAS Y-TZP E UM MATERIAL ANÁLOGO À DENTINA**

Juiz de Fora

2015

**MONIZE CARELLI FELIPE ANTUNES**

**Influência de diferentes tratamentos de superfície sobre a adaptação marginal e resistência de união entre coroas Y-TZP e um material análogo à dentina**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Clínica Odontológica, da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre. Área de concentração: Clínica Odontológica

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fabíola Pessôa Pereira Leite**

Juiz de Fora

2015

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Antunes, Monize Carelli Felipe.

Influência de diferentes tratamentos de superfície sobre a adaptação marginal e resistência de união entre coroas Y-TZP e um material análogo à dentina / Monize Carelli Felipe Antunes.

-- 2015.

89 f. : il.

Orientadora: Fabíola Pessoa Pereira Leite

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Odontologia. Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, 2015.

1. Zircônia Y-TZP. 2. Resistência de união. 3. Adaptação marginal. I. Leite, Fabíola Pessoa Pereira, orient. II. Título.

MONIZE CARELLI FELIPE ANTUNES

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE SOBRE A  
ADAPTAÇÃO MARGINAL E RESISTÊNCIA DE UNIÃO ENTRE COROAS Y-  
TZP E UM MATERIAL ANÁLOGO À DENTINA**

**ORIENTADORA: Prof. Dr. Fabíola Pêssoa Pereira Leite**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da  
Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos (parcial) para obtenção  
do título de Mestre em Clínica Odontológica.

Aprovado em 09/03/15

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fabíola Pêssoa Pereira Leite  
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. Estevão Tomomitsu Kimpara  
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho



Prof. Dr. Rodrigo Furtado de Carvalho  
Universidade Federal de Juiz de Fora  
(Campos Governador Valadares)

**"TODO GRANDE SONHO EXIGE RENÚNCIA, SUOR E  
SAUDADE..."**

*Autor desconhecido*

## DEDICATÓRIA

A Deus, por ser a luz que me direcionou, de forma segura e confiante, em direção ao objetivo traçado, sem Ele, nada poderia ser feito. Obrigada por me dar forças e por ter colocado em meu caminho tantas pessoas boas.

Ao meu pai, Vicente, por sua constante proteção e zelo. Um pai sempre presente e empenhado em nos proporcionar o melhor para a nossa formação. Não foi fácil chegar até aqui, mas o senhor tornou isso possível!

À minha mãe, Graça, por ser a mãe dedicada e cuidadora, cuja paciência e amor incondicional fizeram dela meu porto seguro. Mesmo nos momentos mais difíceis a senhora sempre foi confiante e acreditou que tudo ia dar certo!

Ao meu irmão, Márcio, sempre presente com seu companheirismo. Você acompanhou de perto toda essa etapa e pôde ver que valeu a pena cada momento que passei para chegar até aqui!

A minha irmã, Mariana, pelo carinho demonstrado mesmo estando longe!

Ao meu esposo, Leandro, pelo seu amor e compreensão por todos os momentos que não pude estar perto de ti. Obrigada pelo apoio constante, por fazer do meu sonho ser também o seu e, por sempre se fazer presente mesmo estando longe.

Sem vocês essa caminhada teria sido muito mais difícil. Obrigada pelo incentivo e por acreditarem em mim! Amo muito vocês!

## AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À Professora **Fabíola Leite**, minha orientadora, pelo incentivo constante, que desde a minha graduação pude crescer bastante com toda a sua contribuição! Obrigada pela atenção, pelo carinho e pelo cuidado que me foi dedicado! Obrigada por me proporcionar mais uma oportunidade em alcançar mais essa conquista para o meu crescimento profissional!

Ao Professor **Rodrigo Carvalho**! Obrigada pela grande contribuição para que este trabalho pudesse ser realizado! É uma grande satisfação poder contar com sua presença em minha banca mais uma vez!

Ao Professor **Estevão Tomomitsu Kimpara**, por ter me recebido tão bem em sua “casa” - a UNESP- onde tive a oportunidade de aprender bastante e pude concretizar grande parte do meu trabalho! Obrigada pelo carinho e por ter aceitado fazer parte da banca!

Aos professores **Júlio César Brigolini de Faria e Tarcisio José de Arruda Paes Júnior**, por poder contar com vocês como parte da banca!

Ao grande amigo, **Ronaldo Luís de Carvalho**, por toda a ajuda e apoio incondicional para a realização deste estudo. Sem você nada disso teria sido possível. Obrigada pelo carinho e pela força! Sei que posso contar sempre com você!

A **Caroline Côtes**, por me receber várias vezes em sua casa em São José dos Campos. Obrigada pelo apoio! Também não poderia deixar de agradecer a **Aline Barcellos e Marina Amaral** que me receberam tão bem em suas casas! A **Aline Lima**, que além de me receber em sua casa, me deu apoio e suporte na realização desse trabalho!

Aos colegas e amigos do mestrado! Obrigada pelos momentos únicos partilhados entre risos e preocupações que já fazem parte de um passado a ser recordado com saudades.

À secretária de Pós-Graduação, **Wanessa Alonso e Letícia** por toda a disponibilidade e assistência.

Aos **professores do Programa de Pós-graduação em Clínica Odontológica** pelas oportunidades de aprendizagem e troca de experiências.

Aos funcionários **Silvério, Claudinha e Jane** da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, pela colaboração e ajuda na realização deste trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Pesquisa de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, **Thaís Paradella e Marcos Vestali**, pela prestatividade e colaboração para a realização deste trabalho. Também quero agradecer a todos os mestrandos e doutorandos da UNESP de São José dos Campos, que de alguma forma puderam contribuir com esse trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, em nome do Coordenador Prof.º **Antônio Márcio Resende do Carmo**.

À Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, em nome da Diretora Prof.<sup>a</sup> **Maria das Graças Afonso Miranda Chaves**.

Ao Laboratório de Pesquisa de Materiais Dentários da **Faculdade de Odontologia de São José dos Campos** – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” UNESP.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pela bolsa concedida no período inicial do Mestrado, viabilizando a elaboração do projeto e o aprimoramento profissional.

A todos, o meu muito obrigada!

## RESUMO

Este estudo avaliou o efeito de diferentes tratamentos de superfície na resistência de união e adaptação marginal entre uma coroa de cerâmica Y-TZP e um material análogo à dentina. Foram confeccionadas 40 bases de um material resinoso análogo à dentina (NEMA grade G-10) para originar preparos padronizados. Estes foram usinados para simular um dente preparado para coroa total com término em chanfro, paredes de 6 graus de convergência e anatomia radicular. A porção radicular foi coberta com poliéster (Impregum - 3M ESPE) e incluída em poliuretano (F16 - Axson). Quarenta coroas cerâmicas IPS emax ZirCAD (Ivoclar - Vivadent) foram fabricadas pelo sistema CAD/CAM. Para o tratamento de superfície foram realizadas a silicatização, aplicação de primer para zircônia e duas técnicas de vitrificação, sendo que estas representaram os grupos teste. As coroas foram aleatoriamente divididas em 4 grupos (n=10), conforme o tratamento de superfície: GS (Glaze Spray VITA AKZENT), condicionamento com ácido fluorídrico a 10% (HF) (1 min) + silanização (RelyX Ceramic Primer - 3M ESPE); GP (Glaze Pó/Líquido VITA AKZENT), condicionamento com HF a 10% (1 min) + silanização (RelyX Ceramic Primer - 3M ESPE); P: aplicação do primer (Signum Zirconia Bond - Heraeus Kulzer) e RS: jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica 30 µm (Rocatec Soft® 3M ESPE) (silicatização) + silanização (RelyX Ceramic Primer - 3M ESPE). Em seguida, realizou-se a cimentação das coroas com o cimento autoadesivo Rely X U200 (3M ESPE), seguindo as recomendações do fabricante. Todas as amostras de cada grupo foram submetidas à ciclagem termomecânica (TC) (2.000.000 ciclos – 100 N, 4 Hz, 5 °C – 55 °C, tempo de permanência 60 s), com um pistão de aço inoxidável (Ø=4mm) no centro da superfície oclusal. Para avaliação da desadaptação marginal entre a coroa cimentada e o G-10, realizou-se a análise por estereomicroscópio (EM) (40x), fazendo-se 8 aferições para cada amostra e, por microscópio eletrônico de varredura (MEV). Para determinação da resistência a tração, foi realizado o ensaio mecânico numa máquina de ensaio universal (célula de carga de 1000 Kgf, v= 1mm/min) até o descolamento da coroa. Os dados de desadaptação marginal obtidos foram analisados estatisticamente (Teste Kruskal Wallis e de Dunn:  $p < 0,05$ ) e os dados de resistência de união foram analisados pelo teste Anova (um fator) e de Tukey ( $p < 0,05$ ). Os resultados de desadaptação marginal (média e desvio padrão) foram os seguintes GS (48,69±19,90<sup>a</sup> µm); GP (65,48±42,57<sup>a</sup> µm); P (156,0±113,3<sup>c</sup> µm) e RS (96,05±62,98<sup>b</sup> µm). Os resultados de resistência de união foram: GP (470,5±104,1<sup>a</sup> µm); GS (416,8±170,2<sup>a</sup> µm); P (342,1±109,7<sup>ab</sup> µm) e RS (208,9±110,0<sup>b</sup> µm). Através do estudo realizado concluiu-se que os grupos que tiveram menor desadaptação marginal foram GS e GP; os valores de resistência de união dos grupos GP e GS foram estatisticamente superiores aos valores de resistência de união do grupo RS e semelhante aos valores encontrados para grupo P.

**Palavras-chave:** Zircônia Y-TZP. Resistência de união. Adaptação marginal.

## ABSTRACT

*This study evaluated the effect of different surface treatments on the bond strength and marginal adaptation from a Y-TZP ceramic crown and a material similar to dentin. Were made 40 bases in a similar resinous material to dentin (NEMA G-10 grade) to give standardized preparations. These were machined to simulate a tooth prepared for full crown in bevel, walls of 6 degrees of convergence and root anatomy. The root portion was covered with polyether (Impregum - 3M ESPE) and included in polyurethane (F16 - Axson). Forty crowns IPS emax ZirCAD (Ivoclar - Vivadent) were fabricated by CAD / CAM system. For the surface treatment were carried out silica coating, application of primer to zirconia and two glazing techniques, and these test groups represented. The crowns were randomly divided into 4 groups (n = 10), as the surface treatment: GS (VITA Akzent Glaze Spray), etching with hydrofluoric acid 10% (HF) (1 min) + silanization (RelyX Ceramic Primer - 3M ESPE ); GP (Glaze Powder / Liquid VITA Akzent), etching with HF 10% (1 min) + silanization (RelyX Ceramic Primer - 3M ESPE); P: primer (Signum Zirconia Bond - Heraeus Kulzer) and RS: sandblasting with aluminum oxide particles coated with silica 30 microns (Rocatec SOFT® 3M ESPE) (silica coating) + silanization (RelyX Ceramic Primer - 3M ESPE). Then was held the cementation of crowns with the self-adhesive cement Rely XU200 (3M ESPE), following the manufacturer's recommendations. All samples from each group were submitted to thermomechanical cycling (TC) (2,000,000 cycles - 100 N, 4 Hz, 5° C - 55° C, residence time 60 sec) with a stainless steel piston (= Ø 4mm) the center of the occlusal surface. Then the analysis by stereomicroscope (MS) (40x) and scanning electron microscope (SEM) to evaluate the marginal leakage between the cemented crown and the G-10 was held. To determine the tensile strength, the mechanical test was performed in a universal testing machine (load cell of 1000 kgf, v = 1 mm / min) until the detachment of the crown. Data marginal misfit obtained were analyzed statistically (Kruskal Wallis and Dunn: p < 0.05) and bond strength data were analyzed by ANOVA (one factor) and Tukey (p < 0.05). The results of marginal leakage (mean and standard deviation) were as follows GS (48.69 ± 19,90<sup>a</sup> µm); GP (65.48 ± 42,57<sup>a</sup> µm); P (156.0 ± 113,3<sup>c</sup> µm) and RS (96.05 ± 62,98<sup>b</sup> µm). The results of bond strength were: GP (470.5 ± 104,1<sup>a</sup> µm); GS (416.8 ± 170,2<sup>a</sup> µm); P (342.1 ± 109,7<sup>ab</sup> µm) and RS (208.9 ± 110,0<sup>b</sup> µm). Through the conducted study showed that the groups that had less marginal discrepancy were GS and GP; values of bond strength of GP and GS groups were statistically superior to the values of bond strength of the RS group and similar to values found for group P.*

**KEYWORDS:** Y-TZP zirconia. Bond strength. Marginal adaptation

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	14
2.1	Simulação dos tecidos de suporte dentário	14
2.2	Desempenho clínico e laboratorial das cerâmicas a base de zircônia	18
2.3	Resistência de união de cerâmicas a base de zircônia	22
2.4	Adaptação marginal de cerâmicas a base de zircônia	39
3	PROPOSIÇÃO	44
4	METODOLOGIA	45
4.1	Material utilizado	45
4.2	Delineamento dos grupos do estudo	46
4.3	Preparo das Bases em G-10	46
4.4	Preparo das Coroas	51
4.5	Tratamento de superfície das bases em G-10	54
4.6	Tratamento de superfície das coroas	54
4.7	Cimentação das coroas	59
4.8	Ciclagem Termomecânica	60
4.9	Análise por Estereomicroscópio	61
4.10	Análise por Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)	62
4.11	Ensaio mecânico de resistência à tração	63
4.12	Análise estatística	64
5.	RESULTADOS	66
5.1	Adaptação marginal	66
5.1.1	Avaliação complementar	70
5.2	Resistência de união	73
6	DISCUSSÃO	76
7	CONCLUSÃO	84
8	REFERÊNCIAS	85

## 1 INTRODUÇÃO

As cerâmicas começaram a ser usadas na Odontologia no século XVIII e, dentre os materiais restauradores estéticos indiretos se destacam por sua biocompatibilidade, estabilidade de cor, alta resistência a compressão e abrasão, estabilidade química e oclusal, condutividade térmica e coeficiente de expansão térmica próximos a estrutura do dente. Além disso, representam uma classe de materiais odontológicos que permitem a obtenção de excelentes resultados estéticos, que se perpetuam com o passar do tempo (BUTZE et al., 2011; DIAS DE SOUZA, THOMPSON, BRAGA, 2011; GARCIA et al., 2011; VALENTINO, 2012; AMARAL et al., 2014).

A zircônia pura apresenta três fases: monoclinica - estável até cerca de 1170°C; tetragonal - estável entre 1170 e 2370°C; cúbica - temperaturas acima de 2370°C até a temperatura de fusão (2680°C). No resfriamento, a fase tetragonal transforma-se na fase monoclinica acompanhada por uma variação de volume (3 a 5%), que é suficiente para fraturar um corpo sinterizado. Assim, corpos sinterizados de cerâmicas de zircônia são produzidos com aditivos, como por exemplo óxido de ítrio ( $Y_2O_3$ ) que estabilizam as fases de alta temperatura (tetragonal e cúbica) (ABOUSHELIB, KLEVERLAAN, FEILZER 2007; CAVALCANTI et al., 2009).

Existem alguns tipos de processamento para as restaurações em cerâmica Y-TZP. Dentre elas, a tecnologia CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Machined) tem sido empregada para definir o desenho e confecção de uma estrutura protética por um processo digital (KOKUBO et al., 2011; URAL et al., 2011; HAN et al., 2012; BISCARO et al., 2013; NG, RUSE, WYATT, 2014). Este sistema tem como vantagem a utilização de blocos de cerâmica fabricados industrialmente sob rígido controle, o que diminui a presença de falhas internas no material, já que possíveis falhas provenientes de mudança de temperatura, pressão e umidade ou de erros humanos são minimizadas. Além disso, outras vantagens desse sistema são a rapidez na obtenção da restauração comparada às técnicas convencionais, a não necessidade de realização de modelos refratários, baixa taxa de fraturas proveniente da alta qualidade dos blocos cerâmicos (BEUER et al., 2012; HARDING, NORLING e TEIXEIRA, 2012; VALENTINO et al., 2012; BISCARO e al., 2013).

O uso da zircônia tetragonal policristalina estabilizada por ítria (Y-TZP) na prática odontológica vem sendo proposto devido à crescente demanda por restaurações estéticas e às aprimoradas propriedades mecânicas destes materiais. Porém, tem sido relatado na literatura falhas clínicas da infraestrutura de zircônia em próteses parciais fixas devido ao descolamento, fissura e/ou fratura da porcelana de cobertura (CAVALCANTI et al., 2009; ELSAKA, 2013). Alguns motivos são apontados como possíveis responsáveis por essas falhas nas restaurações totalmente cerâmicas, como problemas na união e na compatibilidade térmica entre infraestrutura e cerâmica de cobertura, falta de um suporte uniforme para a cerâmica de cobertura e redução dos dopantes estabilizadores (ex: ítria) que podem resultar em alterações nas fases da zircônia ou em expansão térmica local (BELO et al., 2013; YILDIZ et al., 2013; SUN et al., 2014). Diante deste fato, restaurações monolíticas em zircônia, ou seja, restaurações totalmente fabricadas por cerâmica a base de zircônia, vem sendo utilizada como uma alternativa de tratamento restaurador protético (SOUZA, OZCAN, MIYASHITA, 2011; BEUER et al., 2012; SUN et al., 2014; ZESEWITZ, KNAUBER, NOTHDURFT, 2014).

A adaptação marginal é um dos principais fatores responsáveis pela longevidade das restaurações fixas, pois a presença de fendas marginais com dimensão acima do que é considerado clinicamente aceitável (120  $\mu$ m) (McLEAN, FRAUNHOFER, 1971) acarretará em maior exposição do agente cimentante ao meio oral e em sua dissolução. A subsequente infiltração levará a um acúmulo de biofilme nesta região resultando em inflamação gengival, cárie, lesões pulpares e fracasso das restaurações (MARTÍNEZ-RUS et al., 2011; YILDIZ et al., 2013; NG et al., 2014; RE et al., 2014).

O sucesso clínico de reabilitações protéticas com cerâmica livre de metal depende de muitos fatores, incluindo o processo de cimentação. A aplicação de cimentos resinosos traz vantagens como selamento marginal, aumento da retenção e da resistência à fratura das restaurações. Além disso, o sucesso clínico das restaurações parciais fixas em cerâmica requer estabelecimento de união adesiva, que seja forte e estável (CARVALHO, GIANNINI, CAVALCANTI, 2012).

A cimentação das cerâmicas ácido-resistentes como as de à base de zircônia não possuem a previsibilidade da cimentação de cerâmicas vítreas, pois este sistema cerâmico não se beneficia do embricamento mecânico gerado pelo tratamento com ácido fluorídrico como as cerâmicas ácido-sensíveis (DIAS DE

SOUZA, THOMPSON, BRAGA, 2011; BOTINO et al., 2014). Sendo assim, há opções de tratamento da superfície deste material cerâmico, para se atingir micro retenções e/ou seja reativo quimicamente para a união adesiva (DIAS DE SOUZA, THOMPSON, BRAGA, 2011; VANDERLEI, BOTTINO, VALANDRO, 2013; AMARAL et al., 2014), como : jateamento com partículas de óxido de alumínio, irradiação com laser de Er:YAG (CARVALHO, GIANNINI e CAVALCANTI, 2012; BARBOSA et al., 2011), jateamento com partículas de óxido de alumínio revestida por sílica associado ao emprego de silano e cimento resinoso com MDP (metacriloidecila di-hidrogênio fosfato) (CAVALCANTI et al., 2009; PAPIA et al., 2013), primer para zircônia (BARBOSA et al., 2011; DIAS DE SOUZA, THOMPSON, BRAGA, 2011; BEHR et al., 2011; URAL et al., 2011; CURA et al., 2012; GIANNINI et al., 2012; AMARAL et al., 2013; HAN et al., 2013; MAEDA et al., 2014), condicionamento por infiltração seletiva (ABOUSHELIB, KLEVERLAAN, FEILZER, 2007) e pulverização de plasma (PAPIA et al., 2013).

Um outro tratamento que tem sido experimentado é a modificação da superfície da cerâmica Y-TZP via vitrificação, que cria uma superfície nesta cerâmica que pode ser condicionada pelo ácido fluorídrico e posteriormente silanizada, o que gera na sua superfície micro retenções e reatividade química, semelhante aos mecanismos de união das cerâmicas vítreas. Estas retenções micromecânicas auxiliam no estabelecimento de uma união forte, estável e durável do cimento resinoso ao substrato cerâmico (ABOUSHEILIB et al., 2007; ABOUSHEILIB et al., 2008; ABOUSHEILIB et al., 2009; KITAYAMA et al., 2009; ABOUSHEILIB et al., 2010; NTALA et al., 2010; ABOUSHEILIB et al., 2011; BOTTINO et al., 2014).

Das propostas apresentadas na literatura, a vitrificação se apresenta como uma linha promissora quando se refere à adesão a zircônia, pois é um método capaz de modificar a superfície deste tipo de cerâmica, proporcionando uma união micromecânica e reativa quimicamente aos cimentos resinosos.

Dentro deste contexto, é possível pensar na possibilidade da confecção de coroas monolíticas em zircônia como uma alternativa do tratamento restaurador protético, uma vez que, o descolamento e/ou fratura da porcelana de cobertura correspondem a uma das falhas clínicas de próteses parciais fixas com infraestrutura de zircônia. Além de, apresentar as consequências de diferentes tratamentos de superfície, com especial atenção sobre a vitrificação, na adaptação marginal e resistência de união dessas coroas, informando para o Cirurgião-Dentista o

protocolo de cimentação que forneça melhores adaptação marginal e resistência de união para as cerâmicas Y-TZP, a fim de se obter sucesso e longevidade no tratamento restaurador.

## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1 Simulação dos tecidos de suporte dentário

Os dentes humanos são capazes de suportar as cargas mastigatórias graças à distribuição adequada destas tensões sobre os tecidos de suporte (osso e ligamento periodontal). A inclusão da raiz dentária em alguns materiais, pode reproduzir a capacidade óssea de amortecimento das cargas mastigatórias para que os testes de resistência à fratura obtenham valores mais próximos da realidade clínica. Com o intuito de avaliar a influência da simulação do ligamento periodontal e do método de simulação do tecido ósseo na carga de fratura e nos modos de falhas de dentes bovinos, Soares et al., (2005) cobriram 80 raízes bovinas com 0,2 a 0,3 mm de cera abaixo da junção amelocementária e inseridas em cilindros de resina acrílica ou de poliestireno. A cera foi removida e em seu espaço foi inserido poliéter, polissulfeto ou poliuretano elastomérico, sendo que em um grupo de cada resina, os dentes foram inseridos diretamente na resina. Os dentes foram submetidos ao teste de compressão: naqueles em que nenhum material foi utilizado para a simulação do ligamento periodontal as falhas ocorreram acima do cilindro de resina, enquanto que para os outros grupos, as falhas foram na porção radicular. Quando era utilizada a resina acrílica, a ausência de ligamento periodontal levou a valores maiores e significativos de carga de fratura. Já para a resina de poliestireno, a utilização de poliéter resultou em valores maiores e significativos de carga de fratura. A simulação do ligamento periodontal levou a uma melhor distribuição de tensões, o que foi confirmado pelos modos de falha, porém não influenciou tanto nos valores de carga de fratura. O material utilizado para inclusão das raízes também não afetou os valores de carga de fratura.

O estado de estresse e as falhas nas coroas de cerâmica criados pelos testes tradicionais são diferentes daqueles observados clinicamente. Portanto, é necessário projetar um protocolo para testes in vitro que seja clinicamente validado. Kelly et al (2010) realizaram um estudo para desenvolver um teste de falha in vitro para próteses unitárias de cerâmica que duplicassem o mecanismo de falha e estado de tensão observados clinicamente nessas próteses. Foi avaliado o módulo de elasticidade de um potencial material análogo à dentina (tecido epóxi preenchido

com fibras de vidro; NEMA grade G-10) e de resistência de união ao cimento resinoso, em comparação à dentina hidratada. Duas bases com diferentes módulos de elasticidade (níquel-cromo e compósitos à base de resina) foram testados para a influência sobre cargas de falha. A influência da água durante o armazenamento e carregamento (tanto monótona e cíclica) foi examinada. A influência da taxa cíclica em cargas médias de falha foi examinado (2 Hz, 10 Hz, 20 Hz) com os extremos comparados estatisticamente (teste t;  $\alpha = 0,05$ ). As cargas de falha foram altamente influenciadas pela base de módulo de elasticidade (teste t,  $P < 0,001$ ). O carregamento cíclico diminuiu significativamente cargas de falha significativas na água (1 fator ANOVA,  $P = 0,003$ ), em relação ao armazenamento cíclico seco/molhado (350 N vs 1,270 N). O G-10 não foi significativamente diferente da dentina hidratada em termos de comportamento elástico de contato brusco ou da resistência de união ao cimento resinoso. Com este estudo foi observado que os métodos de ensaio e os materiais foram desenvolvidos para simular validamente muitos aspectos da falha observadas clinicamente.

Buscando validar o uso do poliuretano nos estudos biomecânicos in vitro de próteses implantossuportadas, Miyashiro et al. (2011) fabricaram 45 barras de poliuretano (Axson) após a mistura dos dois reagentes, A - catalisador e B - base. Os espécimes foram confeccionados variando a proporção entre os dois reagentes, sendo que no grupo 1 foi vertido mais catalisador que base, no grupo 2 foi seguida a proporção do fabricante (1/1) e no grupo 3, a parcela de base foi maior que a do catalisador. Foi realizado o teste de tração para calcular o módulo de elasticidade. Houve diferença estatisticamente significativa entre os módulos de elasticidade do grupo 1 e 2, 1 e 3, sendo que os grupos 2 e 3 foram estatisticamente similares. O grupo 2 apresentou a maior média do módulo de elasticidade, e estes valores foram compatíveis aos valores encontrados para ossos humanos mandibulares, reportados na literatura. Os autores recomendam que seja seguida a proporção do fabricante para obter as melhores características mecânicas e de manipulação do poliuretano.

Moretti Neto et al. (2011), também variavam a proporção entre os reagentes A e B do poliuretano para verificar se eles apresentavam módulo de elasticidade compatível ao de modelos ósseos. Foram confeccionados 40 retângulos de poliuretano com cinco variações da proporção A/B entre os reagentes: GA- 0,5 / 1,0; GB- 0,8 / 1,0; GC- 1,0 / 1,0; GD- 1,2 / 1,0 e GE- 1,5 / 1,0. O módulo de elasticidade foi calculado baseado nos resultados do teste de compressão. Houve

diferença estatística do módulo de elasticidade entre os grupos testados, sendo que a maior média foi encontrada para o Grupo C. O poliuretano confeccionado com a proporção 1,0 / 1,0 apresentou as melhores propriedades mecânicas e apropriado módulo de elasticidade para simular tecido ósseo in vitro.

Sterzenbach et al. (2011) avaliaram três materiais: poliuretano elastomérico, poliéter e polissiloxano para simular o ligamento periodontal. Além disso, os 30 premolares utilizados foram incluídos em resina acrílica, 2 mm abaixo da junção amelocementária ou com simulação da perda de 50% do osso alveolar. Foi aplicada uma carga de 30 N paralela e perpendicular ao longo eixo do dente. A curva de estresse de deflexão e a deflexão máxima foram analisadas. A simulação da perda óssea não levou a alterações significativas nos valores de deflexão, porém a utilização de poliuretano elastomérico levou a valores mais baixos de deflexão. Com este estudo, pode ser concluído que o polissiloxano também é adequado para simulação do ligamento periodontal laboratorialmente.

Marinho (2012) avaliou a resistência à fratura de coroas cerâmicas à base de dissilicato de lítio (IPS e.max CAD) submetidas a neutralização do precipitado do ácido fluorídrico (HF) associada ao banho ultrassônico, e envelhecidas por meio de ciclagem termomecânica. Para tanto, 40 molares humanos receberam um preparo convencional para coroa total após terem sido incluídos em um padrão de poliuretano com a simulação do ligamento periodontal. Após escaneamento digital dos preparos, os blocos cerâmicos foram usinados pelo sistema CAD/CAM para obtenção das coroas. As mesmas foram distribuídas nos grupos conforme o tratamento de superfície a saber: Grupos 1 e 3 - HF + silano; Grupos 2 e 4 - HF + neutralização do precipitado do ácido fluorídrico + banho ultrassônico + silano. As coroas foram cimentadas com cimento resinoso dual e os espécimes dos grupos 3 e 4 foram submetidos à ciclagem termomecânica (5 / 55 °C / 60 s enquanto ocorria 1.200.000 ciclos mecânicos de 4 Hz com carga de 100 N). As amostras foram submetidas ao ensaio de compressão, com carga aplicada no centro da face oclusal da coroa até a fratura. A análise das fraturas foi realizada macroscopicamente (método de Burke) e em um Microscópio Eletrônico de Varredura. Os dados de resistência a fratura foram submetidos ao teste estatístico de análise de variância dois fatores. Não houve diferença estatística entre os grupos estudados, independente da realização de ciclagem termomecânica ou de tratamento de superfície pós condicionamento proposto ( $p$ -valor = 0,8409). A maioria das falhas foi

associada com a fratura do remanescente dentário, sendo que a origem da fratura estava localizada na superfície de cimentação. Foi concluído que a resistência à fratura de coroas cerâmicas para dentes posteriores a base de dissilicato de lítio não é influenciada pela associação entre neutralização e banho ultrassônico, e a ciclagem termomecânica utilizada neste estudo não levou a fragilização da cerâmica estudada.

Como orientação para a utilização do NEMA grade G-10 no presente estudo, foi consultada a metodologia do trabalho de Carvalho (2014), onde ele propôs avaliar a carga de fratura de uma restauração cerâmica à base de dissilicato de lítio (IPS e.max CAD) submetida a diferentes protocolos de cimentação. Para tanto, foram confeccionadas 70 bases de um material resinoso análogo à dentina (NEMA grade G-10) para originar preparos padronizados, usinados para simular um dente preparado para coroa total (término em chanfro com paredes de 6 graus de convergência) e a anatomia da raiz. A porção radicular foi coberta com poliéter incluída em poliuretano. Setenta coroas cerâmicas foram fabricadas pelo sistema CAD/CAM. Depois de avaliar a espessura do filme de cimento (técnica do cimento análogo) as coroas foram limpas em ultra-som com água destilada (5 min). Posteriormente, as coroas foram submetidas a diferentes protocolos de cimentação: FZ -cimento de fosfato de zinco; IVMR -cimento de ionômero de vidro modificado por resina; RDCS -ácido fluorídrico 5 % (20 s) + silano (1 min) + cimento resinoso dual; RDCST - ácido fluorídrico 5% (20 s) + silano (1 min) + tratamento térmico forno 100 °C (2 min) + cimento resinoso dual; RDS -silano (1 min) + cimento resinoso dual; RDST -silano (1 min) + tratamento térmico forno 100 °C ( 2 min) + cimento resinoso dual; RAACS -ácido fluorídrico 5% (20 s) + silano (1 min) + cimento resinoso auto-adesivo. Todas as amostras foram submetidas à ciclagem termomecânica (2.000.000 ciclos – 100 N, 4 Hz, 5 °C – 55 °C, tempo de permanência 60 s), com um pistão de aço inoxidável ( $\varnothing=4\text{mm}$ ) no centro da superfície oclusal. O teste da carga de fratura foi realizado em uma máquina de ensaios universal ( $v = 1 \text{ mm/min}$  à 37 °C em água destilada). Os dados de carga de fratura (N) foram submetidos aos testes ANOVA (um fator) e Tukey, com  $\alpha = 0,05$ . Realizou-se a análise de elementos finitos para verificação da distribuição das tensões na coroa. Através do microscópio eletrônico de varredura foram realizadas, em duas amostras de cada grupo, fotomicrografias representativas do tratamento de superfície. Para análise fractográfica, utilizou-se estereomicroscópio na classificação do tipo de fratura e

correlação entre a carga de fratura e o número de fragmentos. O microscópio eletrônico de varredura foi utilizado, em duas coroas de cada grupo, para análise da origem de fratura. Foi observada diferença significativa entre os diferentes protocolos (MPa): FZ ( $1473 \pm 41$  A), IVMR ( $1213 \pm 44$  B); RDCS ( $1652 \pm 24$  C); RDCST ( $1702 \pm 18$  D), RDS ( $1550 \pm 38$  E); RDST ( $1610 \pm 23$  C), RAACS ( $1619 \pm 33$  C). As fotomicrografias ilustram os diferentes padrões topográficos gerados pelos diferentes tratamentos e a origem da fratura localizada próxima à superfície de cimentação, na região da cúspide disto lingual. A análise de elementos finitos ilustra a distribuição das tensões máxima principal e von Mises, com acúmulo na região lingual na cúspide distal se propagando pelo sulco central sugerindo fraturas totais ou parciais ao longo desta região. Conclui-se que protocolo que apresentou os maiores valores de resistência foi o condicionamento com ácido fluorídrico à 5%, seguido da aplicação do silano e tratamento térmico.

## **2.2 Desempenho clínico e laboratorial das cerâmicas a base de zircônia.**

Bindl, Luthy e Mormann (2006) avaliaram a resistência mecânica e o padrão de fratura de coroas posteriores monolíticas, confeccionadas pelo sistema CAD/CAM cimentadas com cimentos resinosos ou cimentos não adesivos. Com o auxílio de um paralelômetro, dentes de acrílico foram preparados com ângulo de  $6^\circ$  de convergência axial, término cervical em ombro com 1 mm de tamanho, altura de 5 mm, e superfície oclusal plana. Após o escaneamento dos preparos, foram fabricadas coroas de cerâmica felspática (Mk II, Vita Zahnfabrik, Germany), a base de leucita (ProCAD, Ivoclar Vivadent) e de dissilicato de lítio (VP 2297, Ivoclar Vivadent). Metade das coroas foi cimentada com fosfato de zinco (De Trey, Dentsply) e a outra metade foi condicionada com HF (4.9%), silanizadas e cimentadas aos preparos com Panavia 21 TC (Kuraray). Os corpos de prova foram submetidos ao teste de resistência a compressão, e foram selecionados os valores (N) de resistência à fratura inicial e final. Os resultados indicaram os valores de resistência à compressão, tanto inicial quanto final foram estatisticamente maiores para as coroas cimentadas com cimento resinoso. As coroas de dissilicato de lítio apresentaram valores de resistência maiores do que das outras coroas cerâmicas quando cimentadas adesivamente. Nas imagens feitas com auxílio de microscópio

óptico foi possível observar que em todas as coroas, independente do tipo de cimentação, a fratura iniciou-se na linha de cimentação. Porém nas coroas cerâmicas cimentadas com fosfato de zinco, havia trincas que se originavam também fora da camada de cimentação. Foi concluído que o tipo de agente cimentante influenciou na resistência de coroas cerâmicas.

Os testes *in vitro* que simulam as condições clínicas permitem uma estimativa eficiente inicial do material com características de uma restauração dentária (ROSENTRITT et al., 2000). Estes estudos ajudam no desenvolvimento de materiais dentários, mas é a experiência dos pesquisadores que permite a avaliação dos resultados para estimar a principal aplicabilidade do material nas situações clínicas. De fato, só os ensaios clínicos presumem a garantia final de um novo material, sendo necessário correlacionar os testes *in vitro* com a experimentação clínica (ROSENTRITT et al., 2006).

Muitos sistemas cerâmicos têm sido desenvolvidos para atender as expectativas dos pacientes e profissionais quanto à estética, biocompatibilidade e longevidade. Através de uma revisão de literatura, Amoroso et al., (2012) estudaram a evolução dos diferentes tipos e propriedades dos sistemas cerâmicos, suas indicações, propriedades mecânicas, sensibilidade de superfície e considerações clínicas. Para tanto, utilizaram 35 artigos científicos do banco de dados Pubmed. A evolução dos sistemas cerâmicos busca cada vez mais suprirem necessidades estéticas e funcionais nas cerâmicas utilizadas nas reabilitações orais, disponibilizando no mercado sistemas com melhores propriedades físicas e mecânicas. Diversos sistemas cerâmicos estão disponíveis no mercado, fazendo com que os profissionais da área protética necessitem de uma constante renovação acerca de suas propriedades e indicações, visto que bons resultados não são obtidos exclusivamente ao tipo de material utilizado, mas sim, à seleção do melhor material, tipo de preparo em conjunto à habilidade do profissional.

Em comparação aos sistemas cerâmicos convencionais, cerâmicas de zircônia tetragonal estabilizada com ítrio (Y-TZP) apresentam algumas propriedades mecânicas superiores, assegurando uma ampla aplicação clínica odontológica. Este estudo teve como objetivo apresentar informações relevantes sobre cerâmica Y-TZP a partir de artigos científicos. Foi feita uma pesquisa da literatura utilizando o banco de dados PubMed, entre 1998 e 2008. Foram excluídos os artigos que não se concentravam exclusivamente na aplicação clínica das restaurações cerâmicas Y-

TZP. Os trabalhos selecionados descreveram as características principais da cerâmica de zircônia e características clínicas importantes, especialmente aquelas relacionadas aos procedimentos de cimentação. A literatura mostrou que, embora as novas substâncias e equipamentos para a preparação da superfície de cerâmica de zircônia estão em desenvolvimento, o protocolo de cimentação mais promissor pareceu ser a utilização de jateamento com partículas de óxido de alumínio (silanizados ou não), seguido da aplicação de cimentos resinosos ou iniciadores de superfície que contêm monômeros reativos especiais. No entanto, como a cerâmica de zircônia recentemente foram desenvolvidos para aplicações dentárias, ainda não há evidência clínica suficiente para suportar qualquer protocolo de cimentação definitiva (CAVALCANTI et al., 2009).

Restaurações a base de zircônia exibiram altas taxas de falhas devido a fraturas das porcelanas de cobertura. Uma alternativa para as restaurações de zircônia pode ser sua fresagem com o contorno total desse material. O objetivo desse estudo foi avaliar a transmissão de luz, desgaste de contato (restauração e antagonista) e capacidade de carga de coroas totais de zircônia. Pó para fabricação da porcelana de cobertura nas subestruturas de zircônia e porcelana de cobertura CAD/CAM nas subestruturas de zircônia serviram como controle. Quatro tipos diferentes de coroas foram fabricados em 12 moldes de metal, com as mesmas dimensões: subestruturas de zircônia com pó para construção de porcelana (técnica de cobertura), subestruturas de zircônia com cobertura gerada pelo sistema CAD/CAM (técnica de sinterização), contorno total de zircônia glaseada e contorno total de zircônia polida. Depois da mensuração da transmissão de luz, as coroas foram cimentadas nos moldes de metal correspondentes. Os espécimes foram carregados de acordo com um método de desgaste especial no simulador de mastigação até à falha (12.000 ciclos mecânicos, carga de 5kg, movimento de 0.7 mm de deslizamento, 320 termociclagens). Foram medidos o desgaste da restauração e do antagonista. Os testes ANOVA (um fator) e LSD post-hoc foram usados para comparar os dados até o nível de 5%. As coroas totais de zircônia polidas apresentaram significativamente maior transmissão de luz do que os outros grupos ( $p=0,003$ ; ANOVA). Essas coroas exibiram significativamente menos desgaste de contato na restauração ( $p=0,01$ ; ANOVA) e maior desgaste de contato no antagonista ( $p=0,016$ ; ANOVA) comparados com os outros grupos. As coroas totais de zircônia glaseadas apresentaram um desgaste de contato no antagonista

semelhante quando comparado com a técnica de cobertura ( $p=0,513$ ; post-hoc LSD). Coroas com cobertura convencional apresentaram significativamente baixa capacidade de carregamento ( $p < 0,001$ ; ANOVA). Fresagem de coroas totais de zircônia com a superfície glaseada podem ser uma alternativa às restaurações de cobertura tradicionais (BEUER et al., 2012).

Com o intuito de investigar a transformação de fase de tetragonal para monoclinica e danos subsuperficiais na 3Y-TZP após o jateamento, a categoria comercial em pó de 3Y-TZP foi sinterizada para a obtenção de espécimes totalmente densos. Estes, foram jateados com diferentes tamanhos de partículas (110 e 250  $\mu\text{m}$ ) e pressão (2 e 4 bar) por 10s. A transformação de fase foi mensurada na superfície e na seção transversal usando difração de raios-X e espectroscopia Micro Raman, respectivamente. Os danos subsuperficiais foram investigados na seção transversal usando microscópio eletrônico de varredura e na máquina de seção transversal rasa por feixes de íons focalizados. O jateamento induziu a fração volumétrica monoclinica na extensão de 12 a 15% da superfície. Na seção transversal um gradiente de transformação de fase não homogênea foi encontrado na profundidade de  $12 \pm 1 \mu\text{m}$ . O dano subsuperficial observado foi deformação plástica em grãos com a presença de placas martensitas, e esse efeito pôde ser encontrado maior nas amostras jateadas com partículas maiores. Mudanças no tamanho da partícula e na pressão do jateamento tem pequeno efeito na transformação de fase devido a erosão do material. Um suave jateamento pode ser benéfico desde que induz limitados danos, que é incluído na região transformada onde existe uma área de estresse compressivo. Entretanto, um jateamento mais severo induz danos bem maiores, que não pode ser combatido pela área de estresse compressivo (CHINTAPALLI et al., 2013).

Este estudo teve como objetivo avaliar o sucesso clínico documentado de coroas à base de zircônia em ensaios clínicos. Bases de dados eletrônicos foram utilizados para pesquisar estudos sobre o desempenho clínico de coroas à base de zircônia implanto ou dento-suportadas, incluindo PubMed, Cochrane Library e Science Direct. A busca eletrônica foi complementada por buscas manuais das bibliografias de todos os artigos de texto completo recuperados e comentários, bem como uma pesquisa dos seguintes jornais: *Jornal Internacional de Prótese Dentária*, *Jornal de Reabilitação Oral*, *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* e *Clinical Research Oral Implants*. Dez estudos sobre coroas dento-suportadas e 7 de

coroas implanto-suportadas forneceram material suficiente para análise estatística. A análise da tabela de vida, revelou taxas de sobrevivência em 5 anos cumulativos de 95,9% para coroas dento-suportadas e 97,1 % para coroas implanto-suportadas. Para coroas implanto-suportadas, as razões mais comuns para o fracasso foi a técnica (fraturas do material de revestimento). Para coroas dento-suportadas as razões para o fracasso foram igualmente comuns, tanto para o fracasso técnico (fraturas do material de revestimento, a perda de retenção), quanto para o biológico (endodôntico/periodontal). As complicações mais comuns de coroas implanto-suportadas foram fraturas dos materiais de cobertura e sangramento à sondagem. Para coroas dento-suportadas, as complicações mais comuns foram a perda de retenção, tratamento endodôntico, fraturas de materiais de revestimento e sangramento à sondagem. Os resultados sugeriram que a taxa de sucesso de coroas à base de zircônia implanto-suportadas e dento-suportadas é adequada, similar e comparável ao de coroas convencionais de porcelana fundida com metal. Estes resultados são, no entanto, com base em um pequeno número relativamente de estudos, que não são muitos ensaios clínicos controlados. Estudos bem delineados com grandes grupos de pacientes e longo tempo de acompanhamento são necessários antes da indicação de restaurações à base de zircônia (LARSSON et al., 2014).

Zesewitz, Knauber, Nothdurft (2014) avaliaram a resistência à fratura de coroas unitárias monolíticas de zircônia (ZI), dissilicato de lítio (LS2), ou cerâmica de feldspato (FC). Cinco grupos de coroas que representaram um primeiro molar superior foram feitas com as dimensões apropriadas de acordo com as instruções do fabricante. As coroas ZI e LS2 foram cimentadas adesivamente ou cimentadas convencionalmente em um pilar metálico analógico ao dente. As coroas de cerâmica de feldspato foram cimentadas adesivamente. Todos os espécimes foram submetidos à carga axial até a fratura. As coroas dos grupos ZI possuíram a maior resistência a fratura independente do modo de fixação.

### **2.3 Resistência de união de cerâmicas a base de zircônia**

Kitayama et al. (2009) avaliaram um novo tratamento da cerâmica zircônia para melhorar sua resistência adesiva aos cimentos resinosos. Para isso, 56 discos (15 mm x 2 mm) de cerâmica zircônia (Cercon Base, Degudent) e 28 discos da

cerâmica à base de sílica (GN -1 Ceramic Block) foram fabricados de acordo com as normas dos fabricantes, polidos e divididos em 3 grupos (n=28): (1) Cercon Base + JOA (jateamento com óxido de alumínio 70  $\mu\text{m}$ , com pressão de 0,5 Mpa, por 5 s e uma distância de 10 mm); (2) Cercon Base + JOA + INT (a superfície da zircônia foi coberta com uma camada da cerâmica a base de sílica Cercon Ceram Kiss de aproximadamente 100  $\mu\text{m}$ , utilizando para padronização um dispositivo metálico e, após, realizado a sinterização); (3) GN-1 + JOA. Foi realizado banho sônico por 10 min em todas as amostras. As superfícies das cerâmicas foram condicionadas com ou sem um agente silano e depois cimentada com um dos dois cimentos resinosos: Panavia F 2.0 (PF) e Superbond C & B (SB). Após 24 h de armazenamento em água foi realizado o ensaio de tração. A análise do tipo de falha foi realizada com auxílio de um MEV. Também foi realizada a análise de rugosidade das superfícies cerâmicas tratadas. Houve diferença estatisticamente significativa para o cimento resinoso, substrato cerâmico e Silanização. ANOVA 2-fatores revelou que a resistência de união para o cimento PF foi influenciada tanto pelo substrato cerâmico ( $F = 4,502$ ,  $p = 0,018$ ) como pela silanização ( $F = 427,533$ ,  $p < 0,001$ ). Também foi revelado que a resistência de união do cimento SB foi influenciada pelo substrato cerâmico ( $F = 6,642$ ,  $p = 0,004$ ) e silanização ( $F = 89,229$ ,  $p < 0,001$ ). A silanização melhorou significativamente a resistência de união à GN- 1 e INT ( $p < 0,05$ ). O revestimento INT seguido de silanização demonstrou aumento da resistência adesiva à cerâmica zircônia.

O uso de Y-TZP como reforço de cerâmicas ampliou significativamente suas propriedades mecânicas, possibilitando sua indicação em diversas situações clínicas tais como pinos intra-radulares, coroas, próteses parciais fixas e implantes. Com isso, os métodos tradicionais para tratamento de superfície tem sido verificados como ineficazes visto que, sua ação ocorre sobre a matriz vítrea, praticamente inexistente nestas cerâmicas. O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência de união de um cimento resinoso (Panavia F; Kuraray CO, Japão) à superfície de cerâmica reforçada por zircônia (VITA In Ceram Zircônia Y-TZP; VITA Zahnfabrik, Bad Saackingen, Alemanha), variando o método de tratamento de superfície da mesma: Gr1-Jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica (Sistema Rocatec, 3M-ESPE); Gr2- Aplicação de filme vitrocerâmico por deposição de Vidro Bioativo (VBA). Três blocos pré-sinterizados da cerâmica In-Ceram Zircônia Y-TZP foram seccionados em máquina de corte (Isomet 1000, Buehler, EUA)

produzindo espécimes com 5x6x6mm, que foram polidos em lixa de SiC até a granulação de 1200. Nas mesmas dimensões foram produzidos blocos da resina Filtek Z-350 (3M/ESPE), os quais foram cimentados com Panavia F nos blocos cerâmicos após os tratamentos: Gr1- jateamento com  $Al_2O_3$  de 110 $\mu$ m, silicatização com sistema Rocatec (3M/ESPE) e silanização; Gr2- deposição do filme vitrocerâmico e silanização. Os blocos cimentados foram armazenados em solução salina (NaCl 0,9%) a 37°C durante 7 dias, sendo então fatiados em máquina de corte para produzir palitos com área adesiva de aproximadamente 0,6mm<sup>2</sup> e testados sob tração em máquina de ensaios universais (Kratos, São José dos Pinhais, PR) com velocidade constante de 0,5mm/min. As amostras fraturadas foram analisadas em microscópio eletrônico de varredura. Os dados coletados foram analisados pelo teste T de Student, demonstrando que o grupo 2 apresentou resistência de união (26,1 $\pm$ 4,9) estatisticamente superior ao grupo 1 (13,3 $\pm$ 6,8), com p=0,001. A análise em MEV demonstrou predominância de falhas adesivas entre o cimento e a cerâmica para o grupo 1 e falhas adesivas, mistas e coesivas no grupo 2. A resistência adesiva a microtração mediante aplicação do filme vitrocerâmico é estatisticamente superior ao uso do método de silicatização Rocatec, estando este fato correlacionado a melhor interação química mediada pelo processo de silanização comum na superfície da Zircônia modificada pelo filme vitrocerâmico. A aplicação do filme parece ser eficiente, devendo ser mais profundamente pesquisada para resultados definitivos (MATTIELLO, 2010).

Passos et al., em 2010, avaliaram a qualidade adesiva de um autoadesivo simplificado e outro convencional para zircônia Y-TZP em condições secas e após termociclagem. Foram confeccionados 192 blocos de cerâmica (Vita) Y-TZP de 5 x 5 x 2 mm onde os mesmos foram embutidos em resina acrílica divididos e randomizados em 2 grupos baseado nas condições de tratamento de superfícies: isopropanol 96% e tratamento triboquímico (Cojet, 3M) com revestimento de sílica e silanização. De acordo com as superfícies, as mesmas foram divididas em 4 grupos e receberam os seguintes cimentos resinosos: Panavia F 2.0 (Kuraray), Variolink II (Ivoclar), RelyX 100 (3M ESPE) e Maxcem (Kerr). Após 24 horas metade das amostras n=12, foram submetidas ao teste de cisalhamento (0,5 mm/min.). O restante dos espécimes foi armazenado 90 dias em água destilada a 37°C e após receberam 12.000 ciclos térmicos (5°C a 55°C). Foram então avaliados os tipos de falhas. Os dados foram analisados usando ANOVA de três vias e teste de pós-teste

de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Efeitos significativos foram observados no condicionamento, tipo de cimento e condições de estocagem  $p<0,0001$ . Os grupos limpos com álcool mostraram baixos valores de resistência adesiva onde foi reduzido drasticamente após a ciclagem térmica. Os grupos condicionados com o revestimento de sílica e silanização mostraram alta resistência adesiva em ambas às condições sem ciclagem e com ciclagem. Um alto número de amostras falhou prematuramente antes do teste quando foram limpos com isopropanol 96%. Em geral o tratamento triboquímico promoveu superior resistência de união independente do cimento resinoso utilizado, a limpeza com álcool resultou em forças de união baixas e instáveis, independente do tipo de cimento utilizado e a longevidade da interface resina-Y-YZP depende do tipo do agente de cimentação.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da aplicação de primers para estruturas à base de ligas metálicas na resistência de união (RU) de um cimento convencional e de um cimento autoadesivo à zircônia, utilizando o teste de microcisalhamento. Foram preparadas 60 placas de óxido de zircônia (Cercon), com dimensões de 13 x 5 x 1 mm (comprimento x largura x espessura). Essas placas foram jateadas com óxido de alumínio e divididas em seis grupos experimentais, segundo o tratamento utilizado ( $n = 10$ ). Os primers e cimentos foram aplicados de acordo com as recomendações dos fabricantes e grupos experimentais. Após o tratamento da zircônia, cilindros de cimento resinoso foram construídos na superfície das placas, utilizando matrizes (Tygon) com 0,7 x 1 mm (diâmetro x altura). As amostras foram armazenadas em água destilada por 24 h à 37°C e submetidas ao ensaio de microcisalhamento (0,5 mm/min, Instron 4411). Os valores obtidos foram analisados pela ANOVA (2 fatores) e teste Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). Somente a utilização do Metal Primer II aumentou a RU dos dois cimentos resinosos à zircônia. Foi concluído que o cimento autoadesivo RelyX U-100 obteve as maiores médias de RU quando comparado ao cimento convencional Bistite II DC, para todos os tratamentos de superfície utilizados. Portanto, para se obter maior RU à zircônia Cercon deve ser utilizado o Metal Primer II e o cimento autoadesivo RelyX U-100 (BARBOSA et al., 2011).

Behr et al (2011) investigaram a resistência de união ao cisalhamento (SBS) e resistência de união à tração (TBS) na interface resina-zircônia usando diferentes conceitos de cimentação. O estudo utilizou 360 corpos de prova de zircônia (2mm de espessura, 20mm de comprimento e 10mm de largura) unidas a

cilindros CoCr (5mm de diâmetro e 3mm de altura) e subdivididas em dois subgrupos: 180 utilizados para fazer o teste de SBS e 180 para TBS. Todas as áreas de união da zircônia foram primeiramente jateadas com 110  $\mu\text{m}$  de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (0.28 MPa, 10 s). Para a cimentação, foram utilizados a aplicação do silano, Rocatec, cimento ou primer contendo fosfato, monofosfato ou difosfato e, a combinação de sílica e primer. Depois de 24 horas e 90 dias de armazenamento em água e 12.000 ciclagens térmicas, foi determinada a SBS e TSB. Os espécimes foram aleatoriamente distribuídos em quatro subgrupos de oito amostras cada: grupo 1 (controle): armazenamento em água destilada a 37 °C por 24 h; grupo 2: 12.000 ciclagens térmicas a 5/55 °C, permanecendo 2min em cada temperatura; grupo 3: armazenamento em água destilada a 37 °C por 90 dias. Foi considerado resistência de união clinicamente aceitável maior que 10 MPa. Dois terços de todas as amostras falharam do lado da cerâmica e foram classificadas como falha adesiva. As outras amostras como falha mista. O maior grupo de falha mista ocorreu com o Multilink Sprint e Rely X Unicem. Nenhum dos protocolos de cimentação estudados para a interface resina-zircônia promoveram resistência de união à tração clinicamente aceitável, que é de 10 MPa. Os valores de SBS foram inadequados para uma posição suficiente.

Não existe ainda um protocolo clínico padrão estabelecido de tratamento de superfície da cerâmica de zircônia para sua cimentação adesiva na estrutura dentária. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de primers metálicos, cimentos resinosos e envelhecimento na união da zircônia. A zircônia foi tratada com primers comerciais desenvolvidos para a união de ligas metálicas (Metalite, Metal Primer II, Alloy Primer ou Totalbond). Espécimes não-condicionadas foram consideradas como controle. Cem amostras em forma de disco (19 x 4 mm) foram cimentados aos substratos de resina composta utilizando Panavia ou RelyX Unicem (n=5). Resistência de união à microtração foi testada nos espécimes após 48 horas e 5 meses (150 dias), e modos de falha foram classificados como tipo 1 (entre cerâmica/cimento), 2 (entre resina composta/cimento) ou 3 (misto). Os dados foram analisados por ANOVA 3-way e teste de múltipla comparação de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). As interações primer/sistema de união ( $P=0,016$ ) e sistema de união/tempo de armazenamento ( $P=0,004$ ) foram estatisticamente significativas. A utilização do Alloy Primer melhorou significativamente a força de união de RelyX Unicem ( $P<0,001$ ), enquanto que para o Panavia, nenhum dos primers aumentaram a resistência de

união em comparação ao grupo controle. Às 48 horas o Panavia obteve resistência de união estatisticamente superior ( $P=0,004$ ) do que Unicem ( $13,9 \pm 4.4\text{MPa}$  e  $10,2 \pm 6.6\text{MPa}$ , respectivamente). No entanto, ambos os sistemas de cimentação foram decrescentes, estatisticamente semelhantes os valores após o envelhecimento (Panavia:  $3,6 \pm 2.2\text{MPa}$ ; Unicem:  $6,1 \pm 5.3\text{MPa}$ ). Às 48 horas, Alloy Primer/Unicem teve a menor incidência do tipo de falha 1 (8%). Após o envelhecimento, todos os grupos mostraram uma predominância do tipo de falha 1. O uso de Alloy Primer melhorou a resistência de união entre RelyX Unicem e zircônia. Embora os valores iniciais obtidos com Panavia foram significativamente maiores do RelyX Unicem, após o envelhecimento, os dois cimentos apresentaram desempenho estatisticamente similares (DIAS DE SOUZA, THOMPSON, BRAGA, 2011).

Matinlinna e Lassila, em 2011, avaliaram o efeito de 5 monômeros primers silano in vitro na resistência adesiva ao cisalhamento do cimento resinoso com éster fosfatado ligado a zircônia silicatizada. Um total de 144 espécimes de zircônia (Procera AllZircon) foram submetidos ao tratamento triboquímico, randomizados e divididos em 12 grupos ( $n=12$ ), e silanizados com 1,0 % de soluções ativadas de ACPS, 3-GPS, 3-MPS, STYRX, e 3-ICS, que tinham sido preparados com álcool 95% (pH 4.5). Uma leitura foi realizada para usar o 3-MPS (RelyX Unicem) como controle. Cada espécime foi cimentado em zircônia silicatizada e silanizada. Metades dos espécimes dos grupos foram testadas a secos e a outra metade foram termociclados com 6.000 ciclos entre  $5^{\circ}\text{C}$  a  $55^{\circ}\text{C}$ , com tempo de imersão de 30 segundos. A resistência adesiva ao cisalhamento do cimento aderido a zircônia foram mensurados usando uma máquina universal de teste a uma velocidade de 1mm/min. A ativação do primer silano foi avaliada usando espectroscopia infravermelho de transformação Fourier. A alta resistência adesiva foi obtida por 3-ACPS em estocagem seca, 11,7 MPa e após termociclagem 17,6 MPa para 3-GPS. O baixo valor de resistência adesiva ao cisalhamento foi obtido com o silano controle: em estocagem seca 4,5 MPa, após termociclagem 6,5 MPa. A termociclagem aumentou a resistência adesiva significativamente (ANOVA,  $p<0.001$ ) e diferentemente para cada tipo de silano. A silanização com os 5 primers silanos experimentais in vitro produziram significativamente ótima resistência adesiva ao cisalhamento do que o silano controle pronto para o uso.

Para avaliar o efeito de diferentes primers na resistência de união de cimento resinoso à superfície de cerâmica de zircônia in vitro, foram utilizados 30

corpos de cerâmica de zircônia em forma de disco (10 x 2mm<sup>2</sup>) e divididos em três grupos iguais para a aplicação de diferentes primers: Monobonds-S, Clearfil Ceramic Primer e Signum Zirconia Bond. Mais 10 amostras serviram como grupo controle. Quarenta blocos de resina composta (6 x 2mm<sup>2</sup>) foram cimentados (Panavia F 2.0) nas cerâmicas de zircônia. Foi medida a resistência ao cisalhamento. As superfícies tratadas das cerâmicas de zircônia foram examinadas por microscopia eletrônica de varredura. Um fator de ANOVA mostrou que a aplicação de diferentes primers afetou a resistência ao cisalhamento do cimento resinoso da cerâmica de zircônia. Os valores mais elevados do teste foram obtidos com aplicação de Signum Zirconia Bond, e os menores valores foram obtidos no grupo controle. Com isso, concluiu-se que Signum Zirconia Bond é eficaz para aumentar a resistência da união adesiva do cimento resinoso à cerâmica de zircônia (URAL et al., 2011).

A zircônia tetragonal policristalina estabilizada com ítrio (Y-TZP) é uma nova classe de cerâmicas odontológicas que vem sendo amplamente utilizada na área da prótese e implantodontia. Apesar de ter melhores propriedades mecânicas, importantes para um desempenho a longo prazo de um material cerâmico, o sucesso clínico e longevidade das próteses fixas em cerâmica parece estar fortemente dependente do processo de cimentação. Para a cimentação resinosa as cerâmicas Y-TZP necessitam previamente de um tratamento de superfície. Pensando nisso, o presente estudo avaliou in vitro o efeito de diferentes tratamentos de superfície (jateamento com partículas de óxido de alumínio e irradiação com laser de Er:YAG) e da aplicação prévia dos sistemas adesivos na superfície da peça, sobre a resistência de união do cimento resinoso à cerâmica Y-TZP, avaliada imediatamente ou após 6 meses de armazenamento em água. Quarenta placas de cerâmica foram distribuídas em quatro grupos experimentais (n=10) de acordo com a combinação entre tratamento de superfície (jateamento ou irradiação com laser de Er:YAG) e aplicação de dois diferentes tipos de sistema adesivo (Scotchbond Multi Purpose - catalisador e Single Bond 2) sobre a peça previamente à inserção do cimento resinoso. Após o tratamento da cerâmica, cilindros de cimento resinoso foram construídos, utilizando matrizes com 0,8x1mm (diâmetro x altura). Em cada grupo experimental, 5 corpos de prova foram submetidos ao ensaio de microcisalhamento após 24h, e os outros 5 foram testados após 6 meses em armazenamento em água. Independentemente do adesivo e do tempo, as maiores médias foram obtidas nos grupos submetidos ao jateamento. Não foram detectadas

diferenças significativas entre os sistemas adesivos e nem entre os tempos. Pode-se concluir que o jateamento e o uso do agente adesivo quimicamente ativado sobre a peça podem melhorar a união à zircônia (CARVALHO, GIANNINI e CAVALCANTI, 2012).

Com o intuito de avaliar a resistência de união de silano / adesivo / cimento resinoso e zircônia primer / cimento resinoso com combinações de superfícies de zircônia vitrificadas e não vitrificadas antes e após o envelhecimento, amostras de cerâmica de zircônia em forma de disco (diâmetro: 8 mm; espessura 2 mm) (n = 80, n = 10 por grupo) foram divididas aleatoriamente em dois grupos. Enquanto metade dos espécimes recebeu uma cobertura do glaze e depois finalizada por fresagem, na outra metade foi usado somente o disco com abrasivos de carboneto de silicone de 1200 grãos sob refrigeração. Os espécimes vitrificados depois foram condicionados com gel ácido HF 9,5% durante 60 s, lavou-se com água durante 90 s e neutralizados. As amostras vitrificadas e não vitrificadas foram divididas em dois grupos. Dois cimentos resinosos, Variolink II e Multilink Automix foram aderidos sobre as superfícies de zircônia com seus sistemas adesivos correspondentes. No grupo Variolink II, superfícies de zircônia foram silanizadas (Monobond-S), e resina adesiva (Heliobond) foi aplicada e fotopolimerizada. No grupo Multilink Automix, com o auxílio do microbrush foi aplicada uma camada de Metal / Zirconia Primer, que agiu por 180 s e foi seca com ar isento de óleo. Metade das amostras em cada grupo de cimento foi submetida a 5000 ciclos térmicos (5° C a 55° C) e a outra metade foi mantida no escuro durante 24 horas a 37° C antes do teste. As amostras foram montadas na máquina universal de testes e foi aplicada uma força à interface cerâmica / cimento até a falha (1 mm / min). Após a avaliação de todos os espécimes descolados no MEV, os tipos de falhas foram definidos como "adesivo" sem cimento na zircônia (score 0) ou "misturados" com menos da metade do cimento deixado na superfície, sem falha coesiva do substrato (score 1). Os dados foram analisados por ANOVA (3 fatores) e testes post-hoc Dunnett T3. A aplicação de uma camada do glaze melhorou significativamente a força de união no grupo silano / adesivo / Variolink II (p <0,05), mas nenhum efeito significativo foi encontrado no grupo primer zircônia / Multilink Automix (p > 0,05) (ANOVA 3 fatores). As interações foram também significativas (p <0,05) (Dunnett-T3). A termociclagem não diminuiu os resultados de forma significativa em nenhum dos grupos (p > 0,05). Análise de falha revelou exclusivamente falhas adesivas (score 0: 40 de 40) nos

grupos não-vitrificados, mas predominantemente falhas mistas (escore 1: 34 de 40) nos grupos vitrificados. A combinação silano (Monobond-S) / adesivo (Heliobond) / cimento resinoso Variolink II beneficiou as superfícies da zircônia vitrificadas (grupo 1:  $9 \pm 1,3^a$  e grupo 2:  $7,4 \pm 1,7^a$ ), mas a combinação zircônia primer / cimento resinoso Multilink Automix também forneceu resistência de união suficiente para zircônia (grupo 7:  $10,9 \pm 1,7^A$  e grupo 8:  $8,2 \pm 1,9^A$ ) (CURA et al., 2012).

De Castro et al., em 2012, avaliaram a resistência adesiva de sistemas de cimentos resinosos (RXA – RelyX ARC; RXU – RelyX U100; e PF – Panavia F), na dentina e Y-TZP depois de diferentes tratamentos de superfície e envelhecimento. Foi exposta a dentina oclusal de 54 molares humanos e condicionados seguindo orientação do fabricante. Foram sinterizados 54 blocos de Y-TZP e divididos em 2 grupos de acordo com o tratamento de superfície: PA - jateamento com partículas abrasiva, e SC - triboquímico, revestimento com sílica. Todos os blocos de Y-TZP tratados foram cimentados em dentina usando um dos sistemas de cimentação (RXA, RXU E PF) seguindo a recomendação dos fabricantes, que incluem seus agentes silanos. Os blocos de cerâmica/cimento/dente foram estocados em água destilada a 37°C por 24 horas, antes do corte dos espécimes (área adesiva,  $A=1 \pm 0,1 \text{ mm}^2$ ). Estes ( $n=12$ ) foram distribuídos nas seguintes condições: N – nenhuma estocagem; W – estocados em água destilada a 37°C por 60 dias; e TC – termociclado (50°C a 55°C, 10.000 ciclos). Os espécimes foram submetidos a tensão (F) até a fratura. A F/A foi calculada e os dados foram analisados estatisticamente usando o teste ANOVA e Tukey ( $\alpha=0,05$ ). As superfícies fraturadas foram examinadas para determinar o modo de fratura. RXA-SC e PF-PA mostraram maiores valores (13,9 e 13,0 MPa respectivamente) e TC (12,9 e 14,8 respectivamente). O tratamento de superfície SC mostrou melhores valores significativos do que o tratamento PA nos espécimes YZ após W. Independente do cimento usado, W e TC não reduziram significativamente a adesão do tratamento SC na dentina.

A zircônia existe como um denso material quimicamente estável, opaco possuindo uma alta resistência à flexão e tenacidade à fratura superior a todas as cerâmicas odontológicas disponíveis no mercado. Com a tecnologia CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Machining) as próteses de zircônia tem sido confeccionadas com maior rapidez e precisão. Entretanto, há uma dificuldade em obter uma união micromecânica e química entre a zircônia e alumina e cimentos

resinosos. Com o objetivo de investigar o impacto da vitrificação e do ataque ácido e na resistência ao cisalhamento entre um cimento resinoso-Rely X Unicem (3M ESPE) e cerâmica de zircônia estabilizada com ítria em intervalos de tempo controlados, 110 amostras em forma de disco (12 mm de diâmetro e 2 mm de espessura) de zircônia tetragonal policristalina estabilizada com ítria (Y-TZP; LAVA) foram fornecidos pela 3M ESPE (Seefeld, Alemanha) para a pesquisa. As superfícies das amostras foram polidas e, em seguida, jateadas com partículas de alumina de 25  $\mu\text{m}$  de diâmetro (Plas Dent, West Midlands, UK). As amostras foram distribuídas aleatoriamente em 11 grupos (A-K) ( $n = 10$ ). O Grupo A recebeu o tratamento de superfície Cojet (3M ESPE), atuando como controle, enquanto todos os demais grupos receberam um verniz superficial. Cinco cerâmicas vítrias foram utilizadas para cobertura da zircônia. O glaze foi condicionado com de ácido HF 10% e todas as amostras revestidas com um primer silano. Foi empregado o armazenamento seco e a termociclagem nas amostras, que posteriormente foram testadas quanto a resistência ao cisalhamento. Pôde ser concluído que a técnica de vitrificação usada neste estudo resultou em uma melhoria significativa no estresse ao cisalhamento para o cimento resinoso, quando comparado com o Cojet (EVERSON et al., 2012).

Com o intuito de avaliar a influência de primers para metal e o tipo de cimento resinoso na resistência de união (RU) à zircônia tetragonal estabilizada por ítrio, após 24 horas e 6 meses de armazenamento em água, Giannini et al., (2012) confeccionaram 40 placas sinterizadas da zircônia Katana (Noritake Dental Supply Co., Higashiyama, Japão), com dimensões de 13 mm (comprimento) X 5 mm (largura) X 1 mm (espessura) para serem utilizadas em 8 grupos experimentais ( $n = 10$ ). Foi utilizado o primer para metal (Alloy Primer, Kuraray Medical Inc., Kurashiki, Japão) para o condicionamento interno da cerâmica e para a cimentação os cimentos resinosos Panavia F 2.0 e Clearfil SA Cement. O ensaio de RU utilizado foi o de microcisalhamento. Os resultados obtidos foram analisados por três fatores Anova (uso de primer, tipo de cimento resinoso e tempo de armazenamento) e teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Com o estudo pode-se concluir que aplicação do primer não influenciou a RU e o cimento Clearfil SA Cement resultou em maior RU à zircônia. O armazenamento por seis meses reduziu a RU para todos os grupos.

Para avaliar a influência de um novo tratamento de superfície que utiliza um glazeamento de baixa fusão na porcelana para promover a ligação entre a

cerâmica à base de zircônia e um agente de cimentação resinoso de cura dual, resistências de união foram comparadas com as superfícies tratadas com jateamento, condicionamento com ácido fluorídrico e silanização. Vinte e quatro discos de zircônia tetragonal estabilizada com ítrio (Cercon inteligente Cerâmica, DeguDent, Hanau, Alemanha) foram fabricados e receberam oito tratamentos de superfície: Grupo 1: jateamento com óxido de alumínio 110  $\mu\text{m}$ , grupo 2: jateamento com óxido de alumínio 110  $\mu\text{m}$  e silano, grupo 3: jateamento com óxido de alumínio 50  $\mu\text{m}$ , grupo 4: jateamento com óxido de alumínio 50  $\mu\text{m}$  e silano, grupo 5: glazeamento e ácido fluorídrico; grupo 6: glazeamento, ácido fluorídrico e silano, grupo 7: glazeamento e jateamento com óxido de alumínio 50  $\mu\text{m}$ , e o grupo 8: glazeamento, jateamento com óxido de alumínio 50  $\mu\text{m}$  e silano. Após o tratamento, cimento resinoso Enforce (Dentsply, Caulk, Milford, DE, EUA) foi utilizado para encher um corte do microcorpo da tubagem Tygon que foi colocada sobre a superfície de cerâmica para criar 30 cilindros de cimento resinoso em cada grupo de tratamento ( $n = 30$ ). Testes de união ao microcisalhamento foram realizados a uma velocidade de 0,5 mm/min. Uma forma de análise de variância, e as comparações múltiplas foram feitas pelo teste de Tukey ( $p < 0,5$ ). A resistência de união foi afetada apenas para tratamentos de superfície das que não foram silanizadas. Os grupos que utilizaram o glazeamento de baixa fusão da porcelana com o jateamento ou ácido fluorídrico mostraram para resistência de união valores estatisticamente superiores aos grupos que utilizaram tratamentos convencionais de jateamento com óxido de alumínio 50 ou 110  $\mu\text{m}$  ( $p < 0,001$ ). O tratamento que utilizou glazeamento de baixa fusão da porcelana e ácido fluorídrico mostrou para forças de ligação valores estatisticamente superiores aos demais grupos ( $p < 0,001$ ). Tratamento de superfícies de cerâmica de zircônia com glazeamento de baixa fusão da porcelana aumentou significativamente a resistência de união de um agente cimentante resinoso de cura dual para a superfície da cerâmica (VALENTINO et al. 2012).

Para comparar a resistência ao cisalhamento (SBS) de dois cimentos de duas cerâmicas Y-TZP submetidos a diferentes tratamentos de superfície, Baldissara et al (2013) preparam amostras a partir de Zirconia Lava ( $n = 36$ ) e IPSe.max ZirCAD ( $n = 36$ ), e trataram suas superfícies da seguinte forma: nenhum tratamento (controle), revestimento de sílica com partículas de 30  $\mu\text{m}$  de alumina modificado por sílica ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) (CoJet), ou vitrificação. Cilindros de resina composta foram aderidos a zircônia com os cimentos resinosos Panavia F ou RelyX Unicem.

Todos os espécimes foram termociclados (6000 ciclos de temperatura de 5 ° C / 55 ° C) e submetido a ensaios SBS. Os dados foram analisados pelo teste post-hoc Tamhane T2 e testes de Scheffé ( $p = 0,05$ ). Modo de falha foi analisado pelo microscópio estereoscópico e MEV. Com ambas as marcas de zircônia, o CoJet mostrou valores SBS significativamente mais elevados do que o grupo controle apenas quando usou RelyX Unicem ( $p = 0,0001$ ). Tratamento de superfície com vitrificação deu SBS mais elevados do que os grupos controle com ambas as marcas de cerâmica e cimento ( $p < 0,001$ ). Com ambas as marcas de zircônia, os maiores valores SBS foram obtidos com a combinação CoJet e RelyX Unicem ( $> 13,47$  MPa). O cimento Panavia F apresentou significativamente melhores resultados quando combinada com tratamento de superfície de revestimento em vez do CoJet ( $p = 0,0001$ , SBS  $> 12,23$  MPa). Nos grupos controles não tratados, Panavia F apresentou resistência de união superior ao RelyX Unicem; a diferença foi significativa ( $p = 0,016$ ) no IPS e.max ZirCAD. As amostras não tratadas e as tratadas com CoJet exibiu uma elevada percentagem de falha adesiva e mista (principalmente adesiva), enquanto que as amostras tratadas com vitrificação apresentaram um aumento das falhas mistas A e mistas C (principalmente coesiva), bem como alguma falha coesiva na maior parte dos espécimes Lava Ceram para ambos os cimentos. CoJet e aplicação de revestimento melhoraram efetivamente SBS entre zircônia e cimentos. Este estudo sugeriu que as diferentes interações entre os tratamentos de superfície e cimentos produziram diferentes SBS: na prática clínica, essas interações devem ser consideradas quando se combina cimentos com tratamentos de superfície, a fim de obter a máxima resistência a restaurações de zircônia.

Han et al., em 2013, compararam o efeito de 3 sistemas de reparo intra oral da zircônia na resistência adesiva entre resina composta e zircônia. 30 espécimes de zircônia foram divididos em 3 grupos de acordo com o método de reparo: grupo I – CoJet™ Repair System (3M ESPE), revestimento com sílica com 30  $\mu\text{m}$  de SiO<sub>2</sub> + silanização + adesivo; grupo II – Ceramic Repair System (Ivoclar Vivadent), condicionamento com ácido fosfórico 37% + Zirconia primer + adesivo; grupo III – Signum Zirconia Bond (Heraeus) Signum Zirconia Bond I + Signum Zirconia Bond II. A resina composta foi polimerizada em cada um dos espécimes condicionados. A resistência adesiva ao cisalhamento foi testada usando uma máquina de teste universal, e o local das fraturas foram examinados com MEV. A

morfologia e a molhabilidade dos tratamentos de superfície foram examinados adicionalmente. Os dados da resistência adesiva foram estatisticamente analisados com ANOVA um fator e Tamhane ( $\alpha=0,05$ ). O aumento da rugosidade de superfície e a alta molhabilidade foram observados nos espécimes do grupo CoJet. Os espécimes tratados com ácido fosfórico 37% e Signum Zirconia Bond I não mostraram melhoria da irregularidade da superfície, e baixa molhabilidade também foi encontrado nos espécimes do tratamento com ácido fosfórico 37%. Não houve diferença significativa na resistência adesiva entre grupo I ( $7,80 \pm 0,76$  MPa) e III ( $8,98 \pm 1,39$  MPa). O grupo II ( $3,21 \pm 0,78$  MPa) mostrou uma diferença significativa entre os outros grupos ( $p<0,05$ ). O uso do sistema de revestimento com sílica intra oral e aplicação do Signum Zirconia Bond são efetivos para aumentar a resistência adesiva de resina composta na zircônia.

Diferentemente das cerâmicas à base de sílica, que podem ser cimentadas com o sistema adesivo depois do tratamento de superfície com ácido fluorídrico e silanização, as cerâmicas densamente sinterizadas apresentam estruturas superficiais livres da fase vítrea e requerem técnicas alternativas para a união. Papia et al., (2013) fizeram uma revisão sistemática da literatura estabelecendo os seguintes objetivos: (a) fazer um levantamento dos métodos existentes para atingir superfícies de união em óxidos de cerâmica e (b) avaliar quais métodos podem fornecer resistência de união suficiente. A literatura atual de estudos in vitro sobre resistência de união alcançada utilizando diferentes tratamentos de superfície em óxidos de cerâmicas em combinação com sistemas de cimentação adesiva foi selecionada a partir do PubMed e sistematicamente analisados e concluídos com acompanhamento de referência. O número total de publicações incluídas para o objetivo a foi de 127 estudos, 23 dos quais foram utilizados para a finalidade b. Os tratamentos de superfície são divididos em sete grupos principais: como são produzidos, desgaste/polimento, jateamento, revestimento de superfície, tratamento a laser, tratamento ácido e tratamento com primer. Uma superfície de óxido de cerâmica como foi produzida precisa ser superficialmente tratada para alcançar uma durável força de união. O tratamento abrasivo de superfície e/ou tratamento de revestimento de sílica com o uso de tratamento com primer pode proporcionar uma força de adesão suficiente para a união ao óxido de cerâmica. No entanto, isto precisa ser confirmado por estudos clínicos. Não foi encontrado na literatura um tratamento de superfície universal.

Considerações devem ser dadas para os materiais específicos a serem cimentados e para o sistema de cimento adesivo a ser usado.

Vanderlei, Bottino, Valandro (2013) tiveram como objetivo em seu trabalho avaliar o efeito de diferentes tratamentos de superfície da cerâmica Y-TZP na resistência de união, durabilidade e discrepância marginal. Para os testes de resistência adesiva, foram obtidos 144 corpos de prova (cp) da cerâmica VITA In-Ceram YZ for InLab (5,25 x 3,75 x 4,5 mm), que foram divididos em 6 grupos (G) (n=24), conforme o tratamento de superfície: G1: sem tratamento (controle); G2: jateamento com partículas de alumínio revestidas por sílica (CoJet®-Sand, 3M ESPE AG) (silicatização); G3: vitrificação 1 (Glaze Spray VITA AKZENT), condicionamento com ácido fluorídrico (HF) (1 min); G4: vitrificação 1 (Glaze Spray VITA AKZENT), silicatização; G5: vitrificação 2 (Glaze VITA AKZENT), condicionamento com HF (1 min); G6: vitrificação 2 (Glaze VITA AKZENT), silicatização. Após todos os tratamentos, as superfícies foram silanizadas por 5 min (ESPE-SIL) e cimentadas com Panavia F (Kuraray). Metade dos espécimes de cada tratamento foi ensaiada 24h após cimentação (SECO), a outra metade foi submetida à armazenagem (150 dias) e termociclagem (12.000x) (TC), e então realizado o ensaio de cisalhamento (1 mm/min). G7: G1+TC; G8: G2+TC; G9: G3+TC; G-10: G4+TC; G11: G5+TC; G12: G6+TC. Superfícies tratadas foram analisadas por perfilometria óptica 3D para obtenção dos dados de rugosidade (Ra) e microscopia eletrônica de varredura (MEV) (1000x). Análise por energia dispersiva de raio-X (EDS) foi realizada para determinar os elementos químicos presentes na superfície de cada grupo. Para a análise de adaptação marginal foram confeccionadas 60 infraestruturas (adaptadas em um troquel metálico) nas quais foram realizados os mesmos tratamentos de superfície. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente. Constatou-se que tanto na condição Seco como na condição TC os grupos que receberam tratamento de superfície via vitrificação (vitrificação 1 e vitrificação 2) apresentaram mais alta resistência de união comparada ao grupo controle. As maiores discrepâncias marginais foram observadas nos grupos que receberam Vitrificação ( $117,36 \pm 29,61$  a  $105,78 \pm 12,23 \mu\text{m}$ ) comparados aos demais grupos ( $55,29 \pm 8,71$  e  $55,04 \pm 8,55$ ). O novo tratamento de superfície proposto modificou a morfologia da cerâmica Y-TZP melhorando sua adesão ao cimento resinoso. A discrepância marginal aumentou com o novo tratamento de superfície.

Com o objetivo de pesquisar o potencial adesivo de novos primers para zircônia e adesivos universais para o tratamento de superfície de substratos de zircônia, em 2014 Amaral e colaboradores utilizaram barras de zircônia manufaturadas (3mm x 3mm x 9mm) e com a superfície tratada da seguinte forma: nenhum tratamento de superfície (C); jateamento com partículas de alumina 35 µm (S); jateamento com partículas de sílica 30 µm (usando Rocatec ou Siljet) e glaseamento (G). Subseqüencialmente os grupos (C) e (S) foram tratados com os seguintes primers: ZP (Z-Prime Plus), AZ (AZ Primer), MP (Monobond Plus), SU (ScotchBond Universal), e EA (um Experimental Adesivo). Os grupos Rocatec e Siljet foram silanizados previamente à cimentação. Amostras do grupo G posteriormente ao glaseamento, foram tratadas com ácido hidrófluorídrico 5% e silanizadas. As barras foram cimentadas sobre barras de cerâmica à base de silicato (3mm x 3mm x 9mm) com o cimento Multilink, num ângulo de 90°, termocicladas (2.500 ciclos, a 5-55 °C com 30s de permanência em cada temperatura) e testadas no teste de resistência à tração. Análises de falhas foram realizadas nos espécimes fraturados para mensurar a área de união e a origem da fratura. As amostras do grupo C não sobreviveram à termociclagem, enquanto as amostras dos grupos CMP, CSU e CEA sobreviveram à termociclagem, mas apresentaram baixos valores de resistência de união. Todos os primers apresentaram um melhor desempenho de união depois do jateamento com partículas de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. O sistema Siljet foi similar ao Rocatec, ambos os quais apresentaram os melhores valores de resistência de união, juntamente com SMO, SSU e CEA. O glaseamento promoveu valores moderados de resistência de união. O tipo de falha foi predominantemente adesiva na superfície da zircônia combinado com falha coesiva do cimento. Os autores puderam concluir que os adesivos universais (MP, SU e EA) podem ser uma opção relevante para união da zircônia, mas ainda o jateamento deve ser utilizado anteriormente. Jateamento com partículas de sílica seguida pela aplicação do silano também apresentam resultados elevados para a resistência de união.

Com o objetivo de avaliar os efeitos de dois tratamentos de superfície, o envelhecimento, e dois cimentos resinosos na resistência ao cisalhamento entre dentina e cerâmica de zircônia policristalina tetragonal estabilizada por ítrio (Y-TZP), 80 molares humanos foram incluídos em resina acrílica e seccionados 3 milímetros abaixo do plano oclusal. Estes dentes e 80 espécimes cilíndricos Y-TZP (altura, a 4 mm; diâmetro, 3,4 mm) foram divididos em oito grupos (n = 10), utilizando os

seguintes tratamentos de superfície para a Y-TZP (Vi: porcelana de baixa fusão [vitrificação] + condicionamento com ácido fluorídrico + silanização ou Si: silicatização triboqu). Para a cimentação foram utilizados os cimentos (FP: Panavia ou CC: Clearfil); e quanto ao armazenamento (nenhuma ação ou envelhecimento). Superfícies de união de 40 espécimes Y-TZP receberam o tratamento Vi e o restante receberam tratamento Si. Metade das cerâmicas foram cimentadas com Panavia e a outra metade com Clearfil. Ensaio de cisalhamento foram executados usando o fio de 0,4 mm de espessura de 0,5 mm / min. Os dados foram analisados por análise de variância 3 fatores e teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). As fraturas foram analisadas. Os tratamentos de superfície da Y-TZP não afetaram a força de união ( $p = 0,762$ , Vi = Si), enquanto cimentos ( $P < 0,001$ , Panavia > Clearfil.) O envelhecimento mostrou um efeito significativo ( $p = 0,006$ , nenhuma ação > envelhecimento). A maioria das falhas foram em adesivo nas interfaces dentina-cimento; nenhuma falha ocorreu entre zircônia e cimento. Quando Y-TZP cerâmica está unida à dentina, a interface mais fraca está na interface dentina/cimento resinoso. A interface cimento resinoso- Y-TZP foi menos suscetível a falhas, devido aos tratamentos de superfície nesta cerâmica (BOTINO et al., 2014).

Este trabalho avaliou a resistência ao cisalhamento (SBS) à cerâmica de zircônia com diferentes associações de primers e cimentos resinosos. Dois blocos de zircônia LAVA (3Y-TZP) foram submetidos de forma aleatória a uma aplicação de três diferentes primers disponíveis no mercado: Alloy Primer (AP), Z-Prime Plus (ZP), e Signum Zirconia Bond (SZB). As amostras que não sofreram aplicação do primer foram consideradas como controle. Após o tratamento, os 80 espécimes (5 mm x 5 mm x 2 mm) foram aleatoriamente cimentados com um dos cimentos resinosos: Panavia F, Multilink, SET e NX3. Para a cimentação, cilindros de cimento resinoso foram construídos sobre as superfícies de cerâmica utilizando o aparelho SDI SBS. Os espécimes foram submetidos ao ensaio SBS. Superfícies fraturadas foram observadas em lupa estereoscópica para determinar o modo de falha, e os valores médios de resistência de união foram analisados utilizando o teste de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis ( $\alpha = 0,05$ ). Com o Signum Zirconia Bond foi obtido os maiores valores de SBS, em comparação com todos os outros primers e ao grupo controle, independente do cimento resinoso utilizado. Os maiores valores foram observados quando associou Panavia F com Signum Zirconia Bond. Alloy Primer aumentou os valores de união apenas quando foi associado ao cimento SET.

Quando nenhum vitrigo foi utilizado, não se observou diferença estatística entre os cimentos resinosos. Todos os espécimes fraturaram devido a falha adesiva. Signum Zirconia Bond foi capaz de aumentar os valores de união dos cimentos resinosos da cerâmica de zircônia. Sua associação com Panavia F mostrou resultados melhorados quando se considerou a adesão de curto prazo para zircônia. (MAEDA et al., 2014).

Este trabalho resultou de um estudo experimental para entender o mecanismo dominante na resistência de união entre cimento resinoso e a cerâmica de zircônia pela investigação dos efeitos dos diferentes tratamentos de superfície. Efeitos dos dois maiores mecanismos de adesão química e micromecânica foram avaliados na resistência de união entre o agente cimentante e a zircônia. Espécimes de blocos de zircônia parcialmente estabilizada por óxido de ítrio foram fabricados e divididos em sete grupos de acordo com o tratamento de superfície: 1) jateamento com partículas abrasivas (SZ); 2) condicionamento (ZH); 3) jateamento com partículas abrasivas e condicionamento simultâneo (HSZ); 4) cobertura com uma camada de glaze Fluorapatita-Leucita (GZ); 5) espécimes GZ com condicionamento ácido adicional (HGZ); 6) cobertura com uma camada de glaze sal (SGZ) e, 7) espécimes SGZ depois condicionamento com 2% HCl (HSGZ). Cilindros de compósitos foram unidos à superfície dos espécimes de ZirkonZahn jateadas com partículas abrasivas com o cimento resinoso Panavia F2. O modo de falha foi examinado sob a ampliação de 30x e o efeito do tratamento de superfície foi analisado pelo microscópio eletrônico de varredura (MEV) e microscopia de força atômica (AFM). Os grupos SZ e HSZ tiveram a maior média de resistência de união e os grupos GZ e SGZ, a menor. A média da resistência de união foi significativamente diminuída pela aplicação do glaze na superfície da zircônia nos grupos GZ e SGZ. Entretanto, a resistência de união foi aumentada depois do processo de condicionamento. O jateamento com partículas abrasivas resultou na maior resistência de união comparado ao tratamento com condicionamento. Os modos de falha variaram entre os diferentes grupos. Finalmente, foi concluído que a adesão micromecânica foi o mecanismo mais efetivo do que a adesão química e o jateamento com partículas adesivas aumentou significativamente a média da resistência de união comparado com os outros tratamentos de superfície. (MORADABADI et al., 2014).

## 2.4 Adaptação marginal de cerâmicas a base de zircônia

Fendas marginais e internas de coroas Nobel Procera foram avaliadas clinicamente utilizando a técnica da réplica com silicone. Noventa e uma coroas foram examinadas antes da cimentação definitiva, materiais de silicone branco e preto foram usados para copiar a adaptação marginal e interna. Os materiais de silicone foram seccionados nos sentidos vestibulo-lingual e mesio-distal e a espessura das camadas de silicone foi medida usando um microscópio. Dezesesseis pontos de referência foram medidos em cada amostra e a média dos gaps marginais e internos foram obtidos. A média das fendas marginais entre os grupos de dentes anteriores, pré-molares e molares, além de significar falhas nos pontos de referência dentro dos grupos, foram comparadas utilizando dois fatores ANOVA e análise de Games-Howell. Os valores das médias marginais foram o menor entre todos os grupos de dentes e o maior estavam nos dentes com preparos em ombros arredondados. Não houve diferenças significativas nas médias das fendas marginais entre os três grupos de dentes, embora houvesse diferenças significativas nas médias das fendas marginais e internas de cada grupo de dente. A média do gap marginal de coroas de zircônia Nobel Procera foi de 44,2  $\mu\text{m}$ , que está dentro dos padrões aceitáveis clinicamente (KOKUBO et al., 2011).

Adaptação marginal é um fator importante para o sucesso a longo prazo das restaurações cerâmicas. No entanto, é difícil comparar os resultados de estudos sobre a precisão marginal de restaurações à base de zircônio que utilizaram vários sistemas computadorizados, porque métodos diferentes foram utilizados para obter os dados. A proposta deste estudo foi analisar o efeito de diferentes técnicas de fabricação na adaptação marginal de copings de cerâmica de zircônia. Um primeiro premolar inferior extraído foi preparado para uma restauração total e, posteriormente, duplicado 40 vezes em um polímero de cristal líquido (LCP). Copings cerâmicos ( $n = 10$ ) foram fabricados nos modelos LCP, usando os seguintes sistemas: In-Ceram Zircônia, In-Ceram YZ, Cercon e Procera Zircônia. A discrepância marginal absoluta dos copings foi avaliada usando um sistema de análise de imagem. Os dados foram analisados utilizando ANOVA um fator e teste de Scheffé ( $\alpha = 0,05$ ). A média do gap marginal foi de  $29,98 \pm 3,97 \mu\text{m}$  para o grupo In-Ceram Zircônia,  $12,24 \pm 3,08 \mu\text{m}$  para o grupo In-Ceram YZ,  $13,15 \pm 3,01 \mu\text{m}$  para o grupo Cercon e  $8,67 \pm 3,96 \mu\text{m}$  para o grupo Procera. Diferenças significantes foram

encontradas entre os quatro sistemas ( $P < 0,05$ ). A precisão marginal alcançada para os quatro sistemas de coroas cerâmicas a base de zircônia analisadas estavam dentro do padrão de aceitação clínica ( $120 \mu\text{m}$ ) (MARTÍNEZ-RUS et al., 2011).

Este estudo avaliou o efeito de diferentes parâmetros na precisão marginal de copings de zircônia fabricados pelo sistema CAD / CAM. Sessenta amostras foram fabricadas com dois scanners diferentes e dois sistemas de fresagem. Os copings foram avaliados com relação as médias e médias máximas das suas desadaptações marginais. Uma análise de variância dois fatores (ANOVA) ( $\alpha = 0,05$ ) foi usada para avaliar o efeito de diferentes parâmetros (scanner, processo de fresagem) na precisão marginal. A média (média máxima) das desadaptações marginais variaram de  $57,9$  ( $112,2 \mu\text{m}$ ) para  $71,0$  ( $144,6 \mu\text{m}$ ) no estado como foram fabricadas. Depois da adaptação manual, os respectivos valores variaram de  $54,6$  ( $98 \mu\text{m}$ ) para  $59,9$  ( $107,7 \mu\text{m}$ ). (RINKE et al., 2012).

Borba e colaboradores (2013) fizeram um estudo para medir a adaptação marginal e interna de PPF de três elementos totalmente cerâmica a base de zircônia (Y-TZP - Lava, 3M ESPE-), usando uma nova metodologia baseada em tecnologia de tomografia micro computadorizada (micro-CT). Modelos de aço inoxidável de preparos de pilares foram fabricados para projetar infraestruturas de prótese. Dez infraestruturas foram produzidas com conectores de  $9 \text{ mm}^2$  nas seções transversais, utilizando um sistema LAVA™ CAD/CAM. Todas as próteses foram cobertas com uma porcelana compatível. Cada PPF foi adaptada no modelo original e digitalizada utilizando micro-CT. Os arquivos foram processados utilizando o software NRecon e CTAN. Adobe Photoshop e software Image J foram utilizados para analisar as imagens transversais. Cinco pontos de medição foram selecionados: MG - desadaptação marginal; CA - área do chanfro; AW - parede axial; AOT - área de transição Axio-oclusal; OA - área oclusal. Os resultados foram analisados estatisticamente pelo teste post hoc de Kruskal-Wallis e Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Houve diferenças significativas para a desadaptação da diferença entre os pontos de medição avaliados. MG mostrou a menor desadaptação ( $42 \mu\text{m}$ ). OA teve a maior dimensão de desadaptação ( $125 \mu\text{m}$ ), seguido pelo ponto de AOT ( $105 \mu\text{m}$ ). Os valores de desadaptação de CA e AW foram estatisticamente semelhantes,  $66$  e  $65 \mu\text{m}$ , respectivamente. Assim, foi possível concluir que os diferentes níveis de adaptação foram observados dentro do PPF, nos diferentes pontos de medição.

Além disso, a tecnologia de micro-CT parece ser uma ferramenta confiável para avaliar o ajuste de restaurações dentárias.

Um dos fatores importantes que determina o sucesso clínico de restaurações dentárias é a adaptação marginal pois, sendo deficiente expõe o agente de cimentação ao meio bucal, tornando as restaurações suscetíveis à infiltração e retenção de placa. Quanto maior for a diferença marginal, mais rápida será a velocidade de dissolução do cimento. Embora a taxa ideal de fenda marginal de restaurações cimentadas deve ser de 25-40  $\mu\text{m}$ , fendas marginais dentro desta taxa são raramente alcançadas clinicamente. Buscando avaliar a adaptação marginal e resistência à fratura de coroas de zircônia fabricadas pelo sistema CAD/CAM cimentados com diferentes agentes de cimentação, 20 coroas utilizando blocos IPS ZirCAD de óxido de zircônio (IZC), e outros 20 com blocos de óxido de zircônio Lava (L) foram confeccionados. Como controle, foram utilizados 10 dentes e, para a cimentação os cimentos Variolink II e Multilink Automix. A adaptação interna e marginal foi avaliada utilizando a técnica de réplica de silicone. A resistência à fratura foi avaliada através de um teste de compressão. Discrepância marginal foi 89,26  $\mu\text{m}$  para coroas L e 88,84  $\mu\text{m}$  para coroas IZC, e a diferença foi estatisticamente insignificante. No entanto, as coroas L mostraram significativamente maiores lacunas axiais e oclusais que coroas IZC ( $p < 0,05$ ). A resistência à fratura de IZC - Multilink foi maior do que os outros grupos, embora a diferença não foi significativa. Os resultados mostraram que coroas pré-fabricadas CAD/CAM mostraram aceitável discrepâncias marginais in vitro e resistência à fratura (YILDIZ et al., 2013).

Há pouca evidência que diz respeito a adaptação marginal de coroas confeccionadas com impressões digitais e pela tecnologia CAD/CAM (Computer Aided Design / Computer Aided Machined), em comparação com coroas fabricados a partir de técnicas convencionais. O objetivo deste estudo foi determinar e comparar a adaptação marginal de coroas fabricadas com métodos digitais e convencionais. O segundo pré-molar maxilar direito foi preparado para uma coroa de cerâmica em uma typodont. O typodont foi então digitalizado com um scanner de laboratório e o arquivo digital foi usado para fresar de um bloco monolítico de zircônia estabilizada com ítria para servir como o modelo mestre. Impressões digitais do segundo pré-molar direito superior preparado foram gravadas com uma unidade de digitalização. Arquivos scaneados foram exportados como arquivos .STL e

enviado por e-mail a um laboratório de prótese dentária, onde foi elaborado o design da coroa final. Quinze coroas foram produzidas com blocos cerâmicos vítreos de dissilicato de lítio pelo sistema CAD/CAM com uma fresagem de 5 eixos e quinze coroas cerâmicas vítreas de dissilicato de lítio foram produzidas pelo sistema convencional de laboratório. A matriz original de zircônia foi removida do modelo mestre para avaliar as margens da coroa. Medições marginais dos gaps circunferenciais foram feitas em oito locais de medição: mesial, distal, vestibular, palatal e ângulos de linha associados (mésio-vestibular, mésio-lingual, disto-vestibular e disto-lingual). As medições foram realizadas para determinar a componente vertical da fenda marginal de acordo com a definição de adaptação marginal. Um total de 240 imagens (2 grupos, 15 coroas por grupo, oito mensurações por coroa) foram medidos e registrados. A média geral para a medição do gap vertical para as coroas digitalizadas foi de  $48 \pm 25 \mu\text{m}$ , que foi significativamente menor do que as coroas fabricadas convencionalmente ( $74 \pm 47 \mu\text{m}$ ). Foi observado que o método de fabricação totalmente digitalizado forneceu melhor margem de ajuste do que o método convencional. (NG et al., 2014).

A adaptação marginal é considerada como um dos critérios mais importantes para o sucesso e qualidade clínica de coroas totalmente em cerâmica. Este estudo in vitro teve como objetivo investigar a adaptação marginal de coping-coroas dos sistema Lava-Zircônia em preparos de ombro e chanfro. Dois modelos de dente em acrílicos foram selecionados para simular o preparo clínico: um molar foi preparado com a linha de término em chanfro (C) e um premolar foi preparado com a linha de término em ombro arredondado (RS). Cada modelo foi duplicado dez vezes com material de impressão a base de silicone e vazado em gesso tipo IV para se obter o modelo de trabalho. Um total de 20 copings foram divididos em dois grupos (n=10 para cada tipo de linha de término). Cinquenta regiões de mensuração foram escolhidas aleatoriamente ao longo da margem sobre os modelos e a largura ao gap – discrepância marginal vertical- foi mensurado sob uma luz microscópica com ampliação de 100x. As medições foram feitas sem a cimentação. A média das larguras do gap marginal e os desvios padrão foram calculados e a análise de um modo de variância (ANOVA) foi realizada por diferentes tipos de preparos para detectar diferenças ( $\alpha=0,05$ ). A média do gap marginal foi de  $30 \pm 3 \mu\text{m}$  para o grupo C e  $28 \pm 4 \mu\text{m}$  para o grupo RS. A análise de variância simples (ANOVA) mostrou nenhuma diferença estatística significativa entre os dois grupos ( $P=0,23$ ). Dentro das

limitações deste estudo as discrepâncias marginais foram todas dentro do padrão clínico aceitável em 120  $\mu\text{m}$ . Preparos em chanfro e ombro não apresentaram diferenças sobre a dimensão do gap (RE et al., 2014).

### **3 PROPOSIÇÃO**

Esta pesquisa tem como objetivo:

Avaliar a influência dos tratamentos de superfície: rocatec soft, primer, glaze spray e glaze pó/líquido, sobre a adaptação marginal e a resistência à tração entre coroas unitárias de zircônia Y-TZP e um material análogo a dentina, submetidos à ciclagem termomecânica.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Material utilizado

Os materiais utilizados neste estudo, bem como suas respectivas marcas comerciais, fabricantes e lotes estão apresentados na tabela abaixo (Tabela 1).

Tabela 1: Marcas comerciais, tipos de material, fabricantes e lotes dos produtos utilizados nos experimentos.

Marca Comercial	Tipo do Material	Fabricante	Lote
<b>Cerâmica IPS e.max® ZirCAD</b>	Cerâmica Y-TZP	Ivoclar-Vivadent/ Schaan, Liechtenstein	R55609 R83002
<b>Rocatec® Soft</b>	Silicatização	3M ESPE, Sumaré, SP, Brasil	424975
<b>Vita Akzent Glaze Spray</b>	Glaze Spray	Vita Zanfabrik, Bad Sachingen, Alemanha	33301
<b>Vita Akzent Glaze Fluid</b>	Glaze Pó/Líquido	Vita Zanfabrik, Bad Sachingen, Alemanha	21740 22601
<b>Signum Zirconia Primer</b>	Primer	Heraeus Kulzer GmbH, Alemanha	010123
<b>Condicionador de porcelana</b>	Ácido Fluorídrico a 10%	Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil	9630446
<b>Rely X U200</b>	Cimento resinoso autoadesivo	3M ESPE, Sumaré, SP, Brasil	544887
<b>Rely X Ceramic Primer</b>	Silano	3M ESPE, Sumaré, SP, Brasil	2721

## 4.2 Delineamento dos grupos do estudo

O delineamento experimental dos grupos deste estudo pode ser observado na Figura 1.

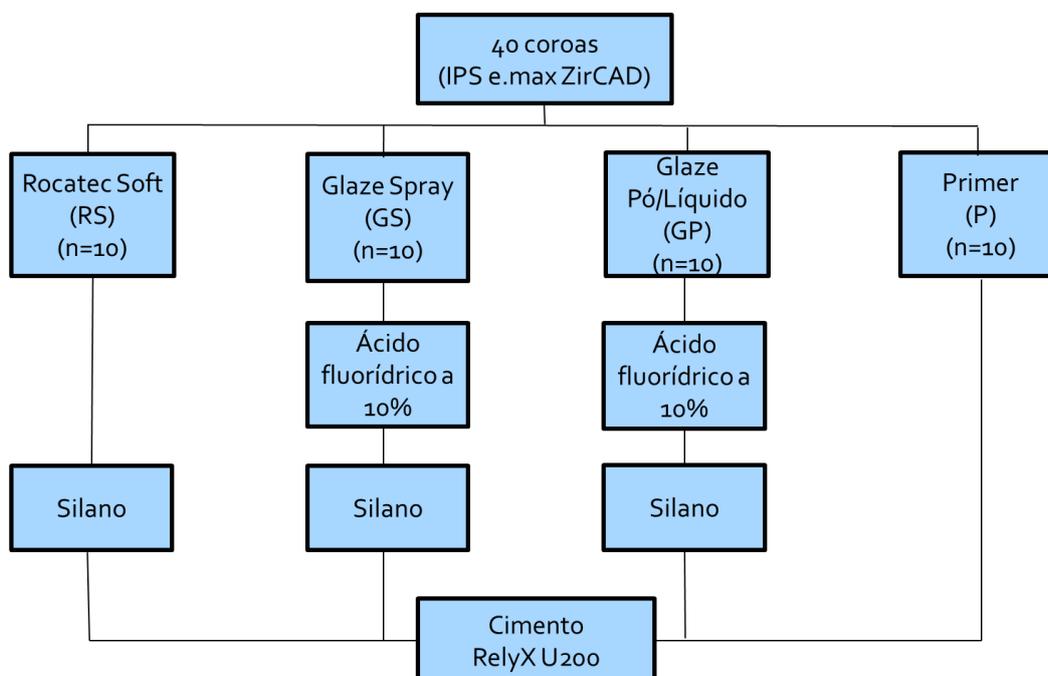


Figura 1 – Delineamento dos grupos do estudo.

## 4.3 Preparo das Bases em G-10

Bastões de 20 mm de diâmetro de um material a base de resina epóxi reforçada por malha de fibra de vidro (NEMA grade G-10, International Paper, Hampton, SC, USA) foram seccionados na cortadora de precisão (IsoMet® 1000 Precision Saw, Buehler, Lake Buff – IL, EUA) para posterior obtenção dos preparos coronário e radicular. Este material é considerado análogo a dentina no que diz respeito às suas propriedades elásticas e resistência de união a resina composta (Kelly, 2010).

Foi utilizado o programa CAD (Rhinceros version 4.0 Robert McNeel and Associates) para a construção da morfologia em três dimensões do preparo coronário e radicular. Posteriormente, a fresagem das 40 bases de G-10 foi

realizada numa máquina específica para usinagem, Romi® D 600 (Figura 2). Estas bases tiveram suas dimensões fresadas para simulação do preparo dental e da anatomia radicular. Para cada dez preparos do G-10 foi utilizada uma fresa (Figura 3). O preparo do G-10 foi padronizado seguindo a metodologia de Carvalho (2014): fresagem radicular e coronária (Figura 4). Para a padronização dos preparos foi utilizada a fresa do sistema, onde a porção radicular, a forma do término marginal (chanfro longo) e a inclinação do preparo (6°) foram determinados através de desgaste mecânico (Figura 5).



\*Figura 2- Máquina de usinagem.

\*Figura 2 disponível em:

[http://www.romi.com.br/fileadmin/Editores/MF/Catalogos/Portugues/Catalogos\\_PO\\_NOv\\_2010/cat\\_romi\\_linha\\_d\\_po\\_ad\\_10-2010.pdf](http://www.romi.com.br/fileadmin/Editores/MF/Catalogos/Portugues/Catalogos_PO_NOv_2010/cat_romi_linha_d_po_ad_10-2010.pdf)



Figura 3- Fresa.



. Figura 4- Matriz para fresagem.



Figura 5- Base de G-10 finalizada.

Para reproduzir a mobilidade fisiológica do dente, a metodologia deste estudo foi semelhante a do estudo de Marinho (2012) e Carvalho (2014). Após a fresagem, as bases de G-10 foram demarcadas com o auxílio de um paquímetro digital (500, Mitutoyo Sul Americana Ltda, Suzano, SP, Brasil), 2,0 mm abaixo da junção cimento-esmalte (pré-determinada como região de término preparo) (Figura 6). A porção radicular foi coberta com poliéter (Impregum Soft, 3M ESPE, Seefeld, Alemanha) para simular o ligamento periodontal (Koutayas et al., 2004; Rosentritt et al., 2006). Uma cobertura uniforme de, aproximadamente, 0,3mm foi obtida pela imersão (por 2 s) das raízes em cera plástica fluida específica para imersão (PW 1 Plástica - Kota Import's, São Paulo, SP, Brasil) desde o ápice até a margem radicular cervical não invadindo a distância biológica de 2mm abaixo da junção cimento-esmalte (pré-determinada como região do término do preparo). A fluidez constante da cera foi obtida por meio de aparelho elétrico de aquecimento de cera (Mega Bell, Cera Matic Júnior, SP, Brasil) com regulagem de temperatura a 90°C confirmada por termômetro (Figura 7).



Figura 6- Demarcação da base do G-10.

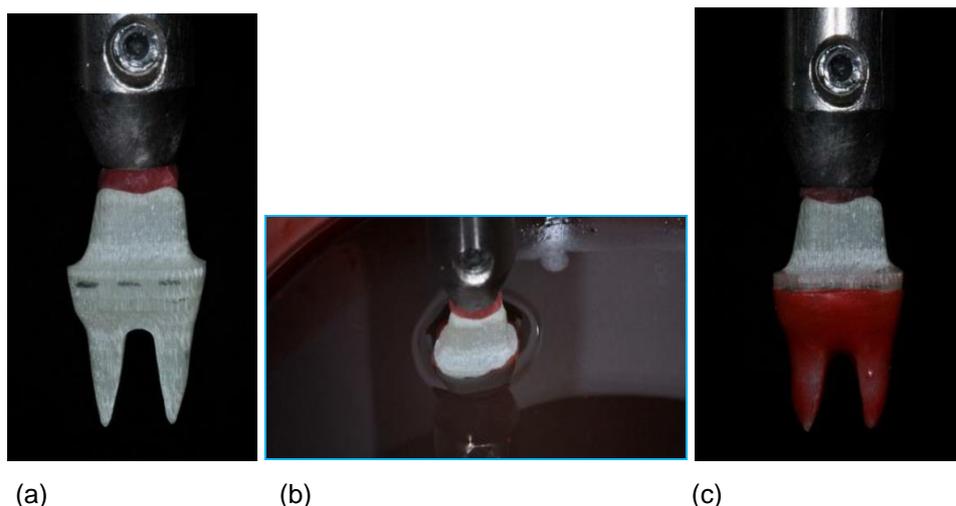


Figura 7- Base de G-10 antes (a), durante (b) e após (c) imersão em cera.

A seguir, o G-10 foi posicionado com auxílio de delineador no interior de uma matriz em pvc (diâmetro: 15mm; altura: 20mm). No interior desta matriz foi vertido poliuretano para vazamento (F16 - Axson - Cergy, França).

Após a polimerização do poliuretano, o conjunto foi imerso em água a 75°C por 1 minuto para remoção da camada de cera e posterior aplicação do poliéter (Impregum, 3M ESPE, Seefeld, Alemanha) ao redor da superfície radicular. A raiz foi novamente posicionada no interior dos cilindros de poliuretano e após a polimerização do material elastomérico, seu excesso foi removido com uma lâmina de bisturi nº 15 (Lamedid Comercial e Serviço Ltda, Barueri, SP, Brasil) ao nível cervical radicular, 2mm aquém da demarcação realizada (Figura 8).

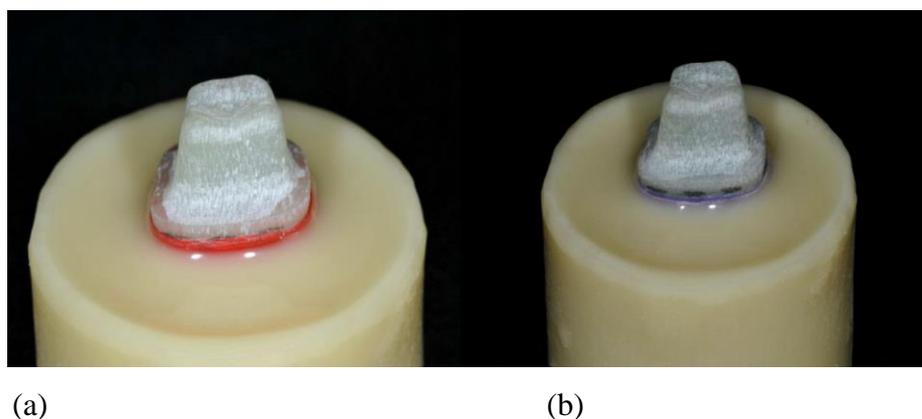


Figura 8- Poliuretano polimerizado com base revestida com cera (a) e após aplicação do poliéter (b).

#### 4.4 Preparo das Coroas

Foi utilizado o sistema CAD/CAM (Cerec inLab; Sirona; Bensheim, Alemanha) para a fabricação das coroas totalmente cerâmicas com anatomia e dimensões padronizadas. Um preparo em G-10 recebeu uma camada de pó à base de dióxido de titânio anti-reflexão (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e foi posicionado no escâner digital pertencente à unidade fresadora (Figura 9).



Figura 9- Escaneamento do preparo de G-10.

As imagens obtidas foram transferidas e armazenadas em computador e com o auxílio do software associado ao sistema (inLab 3D; Sirona; Bensheim, Alemanha) e as coroas foram desenhadas. A partir do banco de dentes deste programa, foi possível padronizar o desenho das coroas e anatomia oclusal selecionando como modelo padrão a coroa do dente 17 da escala VITA para todos os preparos. Foi adicionado no desenho da coroa pequenos “ganchos” para que, ao fazer o teste de tração as coroas não se soltassem do material de inclusão (Figura 10).

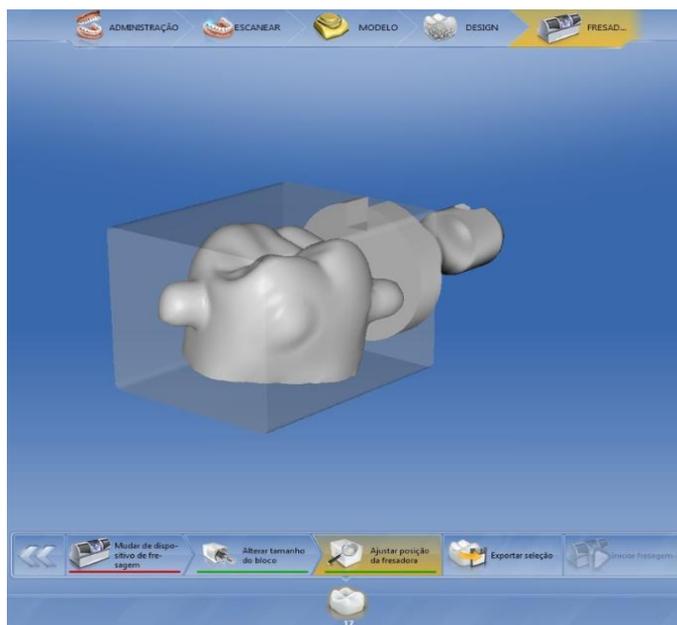


Figura 10- Desenho da coroa a ser fresada.

As dimensões de todas as coroas foram padronizadas em virtude da utilização das bases em G-10. A seguir, delimitou-se a margem do preparo da imagem escaneada e foi acrescentado o valor de 50  $\mu\text{m}$  de alívio correspondente ao espaço de cimento. Para a verificação do real alívio interno das coroas, foi realizada a técnica da réplica com sílica de adição fluída de consistência leve (Elite HD Light Body, Zhermack, Badia-Polesine, Rovigo, Itália) (McLean, Von Fraunhofer, 1971; Rahmé et al., 2008). O material elastomérico foi manipulado, segundo as orientações do fabricante, e aplicado no interior da coroa. A mesma foi assentada sob pressão digital no respectivo preparo e a seguir, o conjunto permaneceu em um delineador adaptado para cimentação por 10 min para aplicação de carga estática de 750 g. Após o tempo de presa do material, a coroa foi removida e foi aplicado sobre o material elastomérico outra sílica de adição fluída de consistência regular (Elite HD Regular Body, Zhermack, Badia-Polesine, Rovigo, Itália) até o seu preenchimento completo para que a película de cimento-análogo fosse removida sem danos. A face vestibular do conjunto foi demarcada, bem como o posicionamento espacial da película identificando o centro da mesma, no sentido vestibulo-lingual. A partir da face vestibular e do centro da coroa, foi realizado um corte único com lâmina de estilete dividindo o bloco em dois lados: hemiface a e b. Para cada hemiface, a região da película teve sua espessura mensurada em

estereomicroscópio (Discovery V-20, Zeiss, Alemanha), na magnificação de 40x. Determinando dessa forma o alívio interno de 80 µm para todas as coroas.

Estas informações foram transmitidas a unidade fresadora do sistema que desgastou os blocos de cerâmica (IPS e.max ZirCAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) transformando-os em coroas (Figura 11). Após a usinagem das coroas, a integridade das mesmas foi avaliada por estereomicroscópio, numa aproximação de 40 x (Discovery V-20, Zeiss, Alemanha). Nenhuma coroa foi descartada, pois nenhuma apresentou trincas ao longo de sua extensão, bem como lascas ou bordas marginais irregulares.

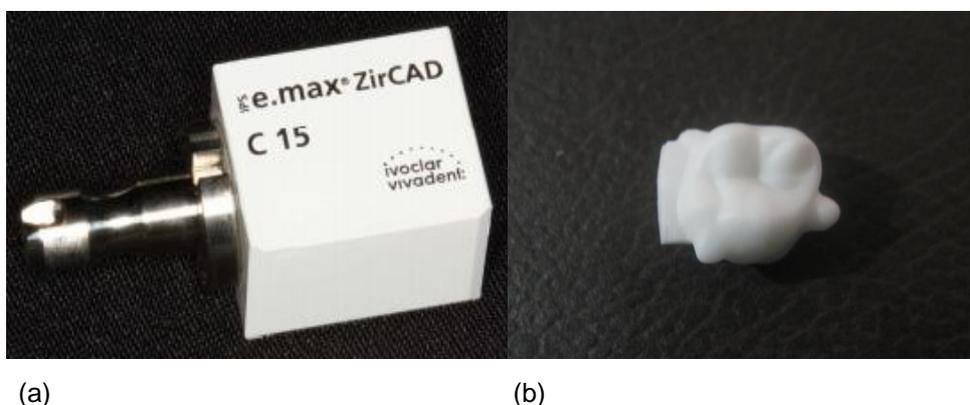


Figura 11- Bloco de zircônia IPS e.max ZirCAD (a) e coroa fresada (b).

As coroas foram levadas ao interior de forno cerâmico Zyrcomat T (Vita Zahnfabrick, Alemanha) (Figura 12) com a face oclusal voltada para baixo para o processo de sinterização da cerâmica, que conferiu a resistência final do material. Neste forno há um programa específico para este procedimento, que regula a velocidade gradual de fechamento/abertura do mesmo, bem como aquecimento e resfriamento. A sinterização das coroas foi sob temperatura de 1530°C durante 120 minutos. Incluindo o tempo de aquecimento e de resfriamento, o processo de sinterização desta cerâmica durou oito horas.



Figura 12- Forno Zyrcomat T utilizado para sinterização da cerâmica.

#### **4.5 Tratamento de superfície das bases em G-10**

Antes da cimentação definitiva, foi realizada uma profilaxia dos preparos das bases em G-10 com pasta pedra pomes profilática (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil), lavagem com spray de água em dois a três intervalos e secagem rápida com jato de ar livre de água e de óleo (como estabelecido pelo fabricante do cimento adotado pelo estudo).

#### **4.6 Tratamento de superfície das coroas**

As coroas foram limpas em ultrassom (Lavadora Ultrassônica Cristófoli-Paraná, Brasil) com água destilada por 5 min. Em seguida, foram distribuídas aleatoriamente em quatro grupos (n=10) de acordo com o tratamento de superfície.

As coroas do grupo RS (Rocatec Soft – 3M ESPE- St. Paul, MN, Estados Unidos) tiveram as superfícies internas jateadas - utilizando um aparelho específico (Dento-Prep™, RØNVIG A/S) - com partículas de óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ) revestidas por sílica de 30  $\mu m$  (silicatização). A distância entre a superfície da

cerâmica e a ponta do aparelho foi padronizada em 10 mm e a inclinação de 45°, utilizando para isso um dispositivo (Figura 13). Foi exercida uma pressão de 2.8 bar por 15 s. Em seguida, foi aplicado o silano RelyX Ceramic Primer (3M ESPE- St. Paul, MN, Estados Unidos) (Figura 14), com o auxílio de um *microbrush*, na superfície interna de cada coroa silicatizada por 60 segundos.



(a)

(b)

Figura 13- Rocatec Soft – partículas de óxido de alumínio de alta pureza de 30  $\mu\text{m}$ , modificado com sílica ( $\text{SiO}_2$ ) (a)\*\* e Equipamento posicionado no dispositivo metálico para padronização dos procedimentos de jateamento (b)\*\*.

\*\*Figura 13 (a) disponível em: [http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en\\_US/3M-ESPE-NA/dental-professionals/products/espe-catalog/~Rocatec-Junior-Bonding-System?N=5144617+4294790849&rt=rud](http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-ESPE-NA/dental-professionals/products/espe-catalog/~Rocatec-Junior-Bonding-System?N=5144617+4294790849&rt=rud)

\*\*\*Figura 13(b) disponível em: VANDERLEI, AD., BOTTINO, MA., VALANDRO, LF. Evaluation of Resin Bond Strength to Yttria-stabilized Tetragonal Zirconia and Framework Marginal Fit: Comparison of Different Surface Conditionings. Operative Dentistry, v. Apr, p. 12-17, 2013.



Figura 14- Aplicação do Silano.

No grupo GS (Glaze Spray), o Glaze Spray VITA AKZENT (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha) (Figura 15) foi aplicado a uma distância padronizada, da ponta aplicadora de 10 mm da superfície cerâmica por 2 s na superfície de cimentação. Em seguida, a coroa foi levada ao forno VITA VACUMAT 6000 MP (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha) para o processo de queima do glaze (Figura 16), seguindo as instruções do fabricante. Após, essa superfície foi condicionada com ácido fluorídrico a 10% (Dentsply, Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil) por 60 s, lavada com spray ar-água por 15 s, seca e, posteriormente, aplicado o silano RelyX Ceramic Primer (3M ESPE- St. Paul, MN, Estados Unidos) com o auxílio de um *microbrush*, na superfície interna de cada coroa vitrificada por 60 segundos (CURA et al., 2012; VANDERLEI, BOTTINO, VALANDRO, 2013).



Figura 15- Glaze Spray-  
VITA AKZENT



Figura 16- Forno VITA VACUMAT 6000 MP.

No grupo GP (Glaze Pó-Líquido) a superfície de cimentação foi tratada com uma camada do Glaze VITA AKZENT (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha) (0,2 g de pó para 8 gotas de líquido). Com o auxílio de um pincel (Pincel

Pêlo de Marta, Tigre, 308, 00) (Figura 17), o produto foi passado uma única vez na superfície interna da cerâmica e, também levada ao forno VITA VACUMAT 6000 MP (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha) para o processo de queima do glaze, assim como foi realizado para o grupo GS. Após, essa superfície foi condicionada com ácido fluorídrico a 10% (Dentsply, Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil) por 60 s, lavada com spray ar-água por 15 s, seca e, posteriormente, aplicado o silano RelyX Ceramic Primer (3M ESPE- St. Paul, MN, Estados Unidos) com o auxílio de um *microbrush*, na superfície interna de cada coroa vitrificada por 60 segundos.

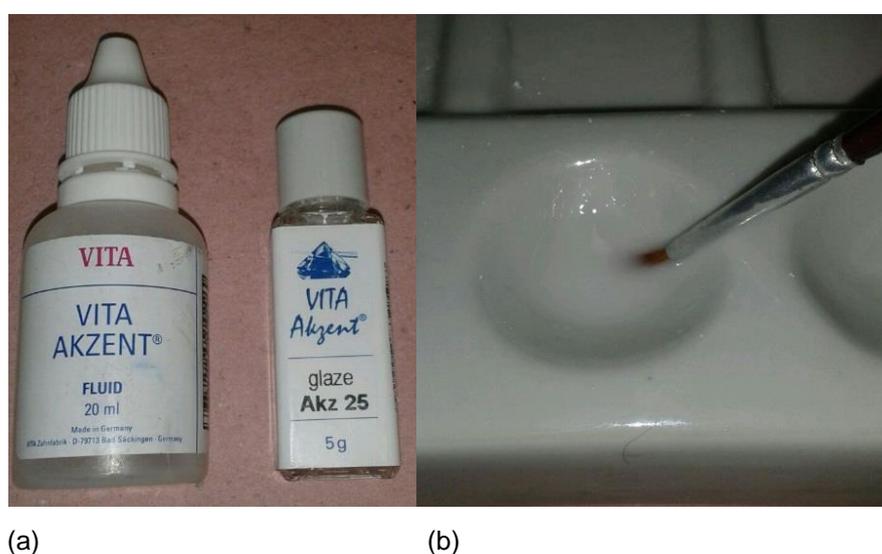


Figura 17- Glaze Pó-Líquido (a) e pincel utilizado na aplicação (b).

No grupo P (Primer) o tratamento de superfície foi realizado pela aplicação do primer Signum Zirconia Bond I + II (Heraeus Kulzer, Alemanha) (Figura 18). Esse primer é composto por MDP (10-metacrilóiloxidecil diidrogeno fosfato), ácido acético, acetona (Signum Zirconia Bond I) e metil metacrilato (MMA) (Signum Zirconia Bond II). Primeiramente, foi colocado no casulo de preparo, uma gota do Signum Zirconia Bond I que foi aplicado com o auxílio do *microbrush* na superfície interna de cada coroa seca. Em seguida, uma gota do Signum Zirconia Bond II foi colocada no casulo e aplicado com o auxílio do *microbrush* na superfície interna de cada coroa. Posteriormente, a superfície foi fotopolimerizada por 90 s com LED 1200 mW / cm<sup>2</sup> (Ratii Cal, SDI, Austrália).



Figura 18- Frascos do Signum Zirconia Bond.

#### 4.7 Cimentação das coroas

A cimentação das coroas de todos os grupos foi realizada com o cimento resinoso autoadesivo RelyX U200 (3M ESPE) (Figura 19). Para a cimentação de cada coroa, uma dose de pasta base e catalisadora foi dispensada no bloco de espatulação, misturadas com uma espátula plástica por 20 s, inserida na face interna da coroa e adaptada no preparo de G-10. Em seguida, o conjunto coroa/base de G-10 foi colocado em um delineador adaptado para cimentação, cuja pressão exercida sobre a coroa foi de 750g, padronizando a cimentação para todas as amostras (Figura 20). Após uma breve fotoativação por 2 s, foi utilizado um Lecron número 5 (Duflex - Juiz de Fora, MG, Brasil) para a remoção do excesso do material e, então, fotopolimerizado por 20 s cada face com LED 1200 mW / cm<sup>2</sup> (Radii Cal, SDI, Austrália).



Figura 19- Cimento resinoso autoadesivo RelyX U200.



Figura 20- Delineador adaptado para cimentação.

#### 4.8 Ciclagem Termomecânica

A ciclagem termomecânica (Cicladora ERIOS, modelo ER – 37000, Paraná, Brasil) foi realizada submetendo as amostras a cargas de 100N em 2.000.000 ciclos, com frequência de 4 Hz, com um pistão de aço inoxidável ( $\varnothing=4\text{mm}$ ) no centro da superfície oclusal. Durante o teste, todas as amostras alcançaram um equilíbrio térmico entre 5° e 55°C com duração de 60 s cada ciclo, e

com uma pausa intermediária de 30 s mantidos por um controlador termostático (Figura 21). Na extremidade da haste aplicadora de carga foi presa uma película de acetato incolor interposta entre a haste e a superfície cerâmica, para evitar a indução de formação de microtrincas na superfície oclusal da cerâmica.



Figura 21- Amostras na cicladora termomecânica.

#### 4.9 Análise por Estereomicroscópio

Após a ciclagem termomecânica as amostras de cada grupo foram avaliadas por estereomicroscópio (Discovery V-20, Zeiss, Alemanha) numa aproximação de 40 x, quanto a adaptação marginal da coroa (Figura 22). Em cada coroa foi marcado com uma caneta de retroprojeter o ângulo mesiovestibular (Figura 23), por onde foi começado a aferição. Para cada amostra, foram realizadas 8 aferições (mesiovestibular, vestibular, distovestibular, distal, distopalatina, palatina, mesiopalatina e mesial) perpendicular à coroa, sendo que, a mensuração foi realizada através da régua acoplada ao software do estereomicroscópio. As medidas foram coletadas e comparadas.

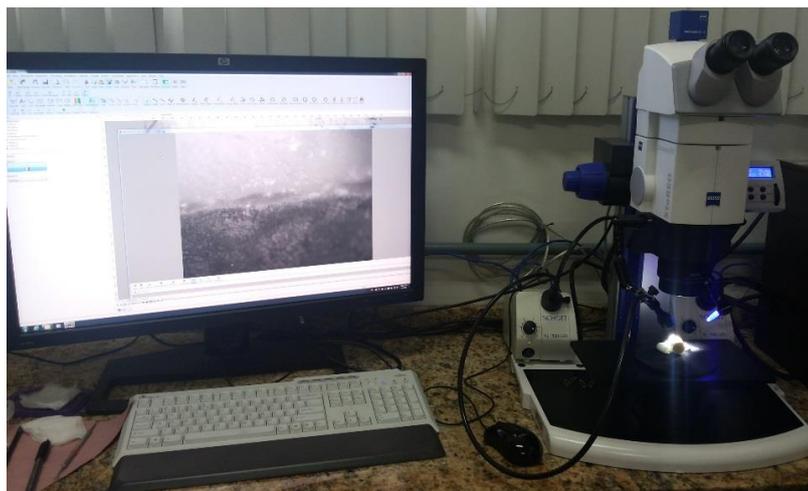


Figura 22- Análise por estereomicroscópio.



Figura 23- Marcação do ângulo mesiovestibular (aproximação de 10 x).

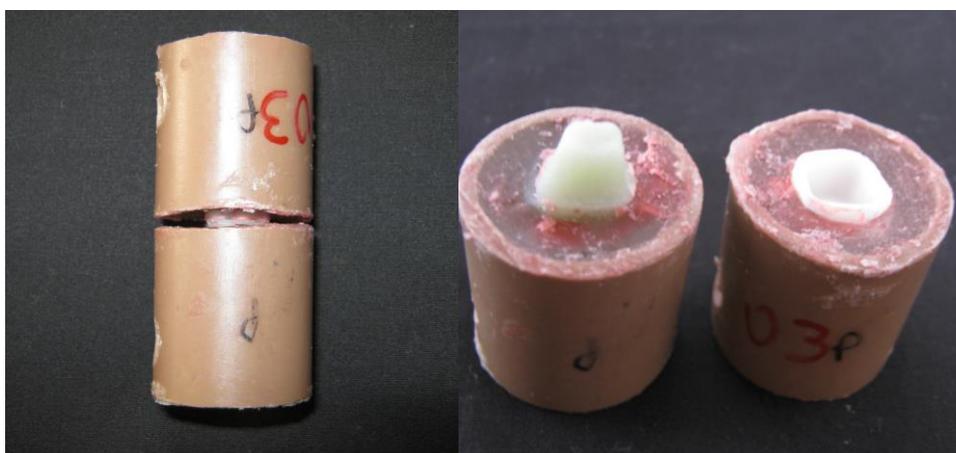
#### **4.10 Análise por Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)**

Para avaliação da espessura da camada de cimento resinoso no microscópio eletrônico de varredura (MEV) (JSM-5600LV, Jeol, Tokyo, Japão), uma coroa de cada grupo foi cimentada no preparo de G-10 isolado previamente à cimentação. Após a finalização da cimentação das coroas, estas foram soltas do preparo de G-10 e cortadas no sentido mesiodistal numa máquina para corte IsoMet® 1000 Precision Saw (Buehler, Lake Buff – IL, EUA). Em seguida, foram limpas em banho sônico (Lavadora Ultrassônica Cristófoli- Paraná, Brasil) por 5 min em H<sub>2</sub>O destilada. Para a análise em MEV no aumento 1000 x, todas as superfícies que foram analisadas

receberam uma pulverização catódica de ouro pela técnica de Sputtering, com auxílio do aparelho Denton Vacuum (Inspect S50, FEI, Oregon, Estados Unidos). As imagens obtidas serviram como análise qualitativa, complementar, da espessura do cimento resinoso.

#### 4.11 Ensaio mecânico de resistência à tração

Todas as amostras foram submetidas ao ensaio mecânico de resistência a tração (RT). Primeiramente, a porção radicular do NEMA grade G-10 foi removida do poliuretano e incluída em resina acrílica ativada quimicamente (RAAQ) (JET – Campo Limpo Paulista, SP, Brasil) com o auxílio de um delineador. Após a polimerização da RAAQ, foi adaptado cera utilidade (NeWWax – Quintino, RJ, Brasil) ao redor de toda interface cora/G-10 para proteger essa região da posterior inclusão da parte coronária. Em seguida, cada coroa de zircônia foi incluída na RAAQ para que pudesse ser realizado o teste de resistência a tração. Após a polimerização da RAAQ, a cera utilidade foi removida (Figura 24) e, então, a amostra foi montada na máquina de ensaio universal (EMIC DLM 1000 – São José dos Pinhais, PR, Brasil) (Figura 25), sendo que o G-10 ficou posicionado para baixo. Para a realização do ensaio mecânico foi utilizada a célula de carga de 1000 Kgf, na velocidade de 1mm/min.



a)

b)

Figura 24- Amostra incluída na RAAQ antes do teste RT (a) e após o mesmo (b).

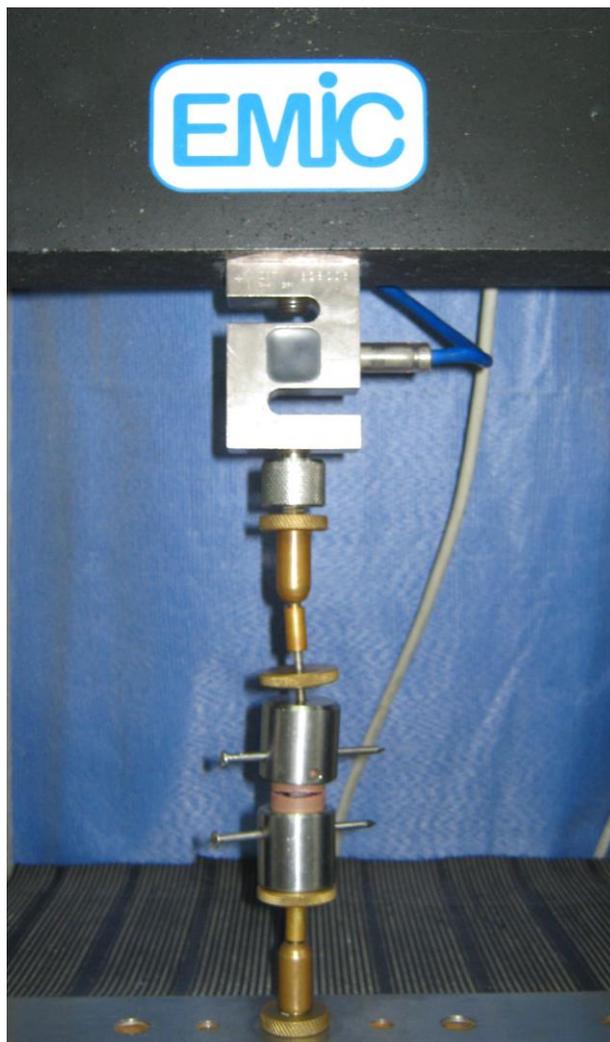


Figura 25- Amostra montada na EMIC DLM 1000.

#### 4.12 Análise estatística

Neste estudo a variável experimental, ou fator em estudo foi: protocolo de tratamento de superfície. As variáveis respostas foram: o valor da adaptação marginal obtido por mensuração no estereomicroscópio e da resistência de união obtido na máquina de ensaio universal.

Os valores numéricos obtidos para a adaptação marginal e de resistência de união das amostras foram submetidos a análise estatística do teste de normalidade D'Agostino & Pearson ( $p < 0,001$ ). Para a análise de adaptação marginal os valores foram submetidos ao teste Kruskal- Wallis ( $p = 0,001$ ) e teste de Dunn

( $p=5\%$ ). Para a análise da resistência de união, os valores foram submetidos a análise de variância um fator (ANOVA) ( $p=0,001$ ) e ao teste de Tukey ( $p=5\%$ ).

Foram obtidos 360 dados que foram submetidos à análise estatística por meio dos programas computacionais: MINITAB (Minitab, version 16.1, 2010) e PRISM 6 Software WINDOWS (versão 6.1, GraphPad Software, 2012).

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Adaptação marginal

Para avaliar a influência do tratamento de superfície na adaptação marginal das amostras, os dados obtidos foram submetidos ao modelo estatístico do teste de normalidade D'Agostino & Pearson ( $p < 0,001$ ). Após esta análise, pode-se afirmar que os dados não se ajustaram a uma distribuição normal de probabilidade. Deste modo, a análise de variância foi realizada pelo modelo Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ) (Figura 26).

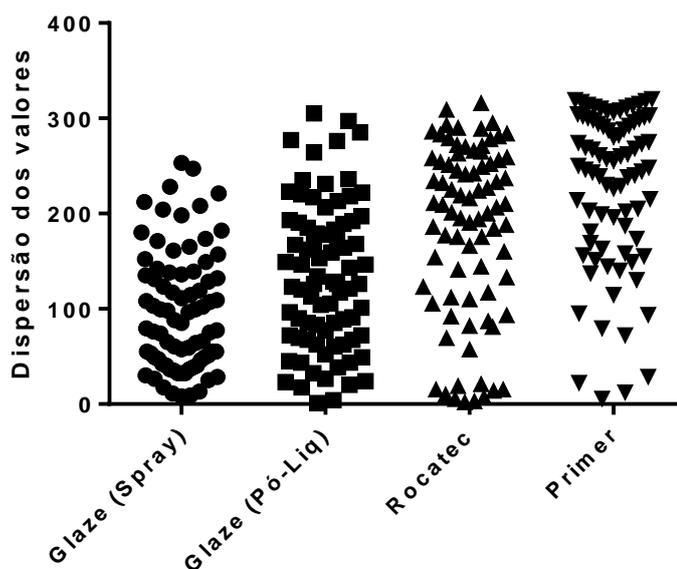


Figura 26: Gráfico de diagrama de dispersão dos valores do modelo Kruskal-Wallis para verificar a não uniformidade dos resíduos.

O teste Kruskal-Wallis (Tabela 2) revelou um efeito de interação significativa, o que indica que houve alteração da adaptação marginal das coroas em razão do tratamento de superfície ( $p\text{-valor}=0,001$ ).

<b>Teste Kruskal-Wallis</b>	
<b>P valor</b>	< 0,0001
<b>P valor exato ou aproximado?</b>	Aproximado
<b>As médias variaram significativamente? (P &lt; 0.05)</b>	Sim
<b>Número de grupos</b>	4

Tabela 2: Resultados do Kruskal-Wallis para as condições testadas.

De acordo com o teste de Dunn (Tabela 3) os grupos com Glaze foram os que apresentaram os menores valores de desadaptação marginal das coroas.

<b>Grupos</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<b>Glaze (Spray)</b>	48,69 <sup>a</sup>	19,90
<b>Glaze (Pó/Liq)</b>	65,48 <sup>a</sup>	42,57
<b>Rocatec</b>	96,05 <sup>b</sup>	62,98
<b>Primer</b>	156,0 <sup>c</sup>	113,3

Tabela 3: Resultados do teste de Dunn para os valores de desadaptação marginal das coroas ( $\mu\text{m}$ ).

De acordo com a tabela 3 foi possível verificar, por meio de Teste de Dunn (5%) que:

Os valores de desadaptação marginal dos grupos que receberam como tratamento de superfície o Glaze Spray ( $48,69 \pm 19,90 \mu\text{m}$ ) (Figura 27) e Glaze Pó/Líquido ( $65,48 \pm 42,57 \mu\text{m}$ ) (Figura 28) foram estatisticamente inferiores aos valores dos grupos Rocatec ( $96,05 \pm 62,98 \mu\text{m}$ ) (Figura 29) e Primer ( $156,0 \pm 113,3 \mu\text{m}$ ) (Figura 30).

Os valores de desadaptação marginal do grupo Primer ( $156,0 \pm 113,3 \mu\text{m}$ ) foram estatisticamente superiores aos valores encontrados para os demais grupos.

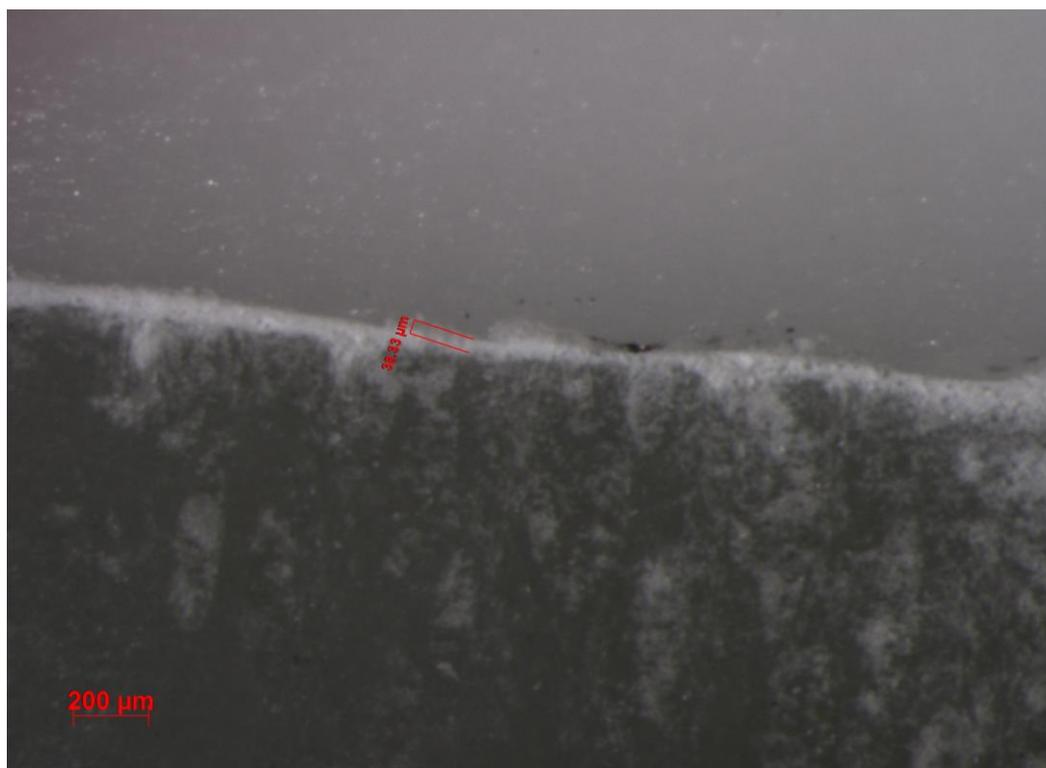


Figura 27- Imagem da desadaptação marginal (38,33 μm) da face vestibular de uma amostra GS (aumento de 40 x).

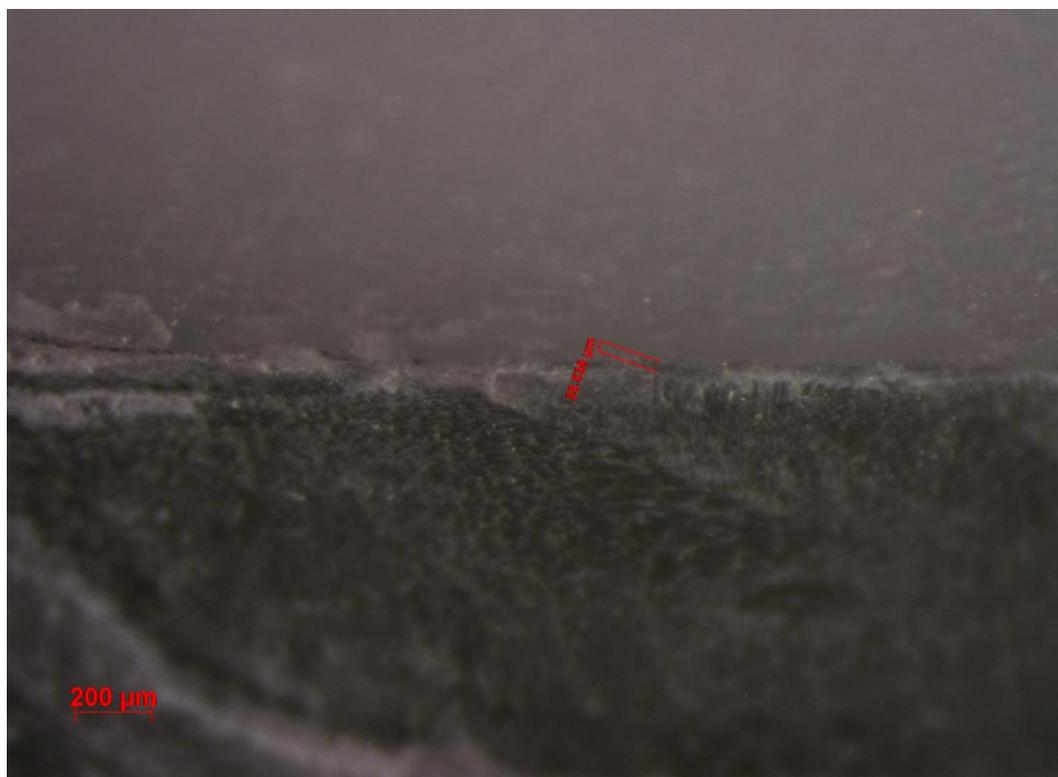


Figura 28- Imagem da desadaptação marginal (28,53 μm) da face vestibular de uma amostra GP (aumento de 40 x).

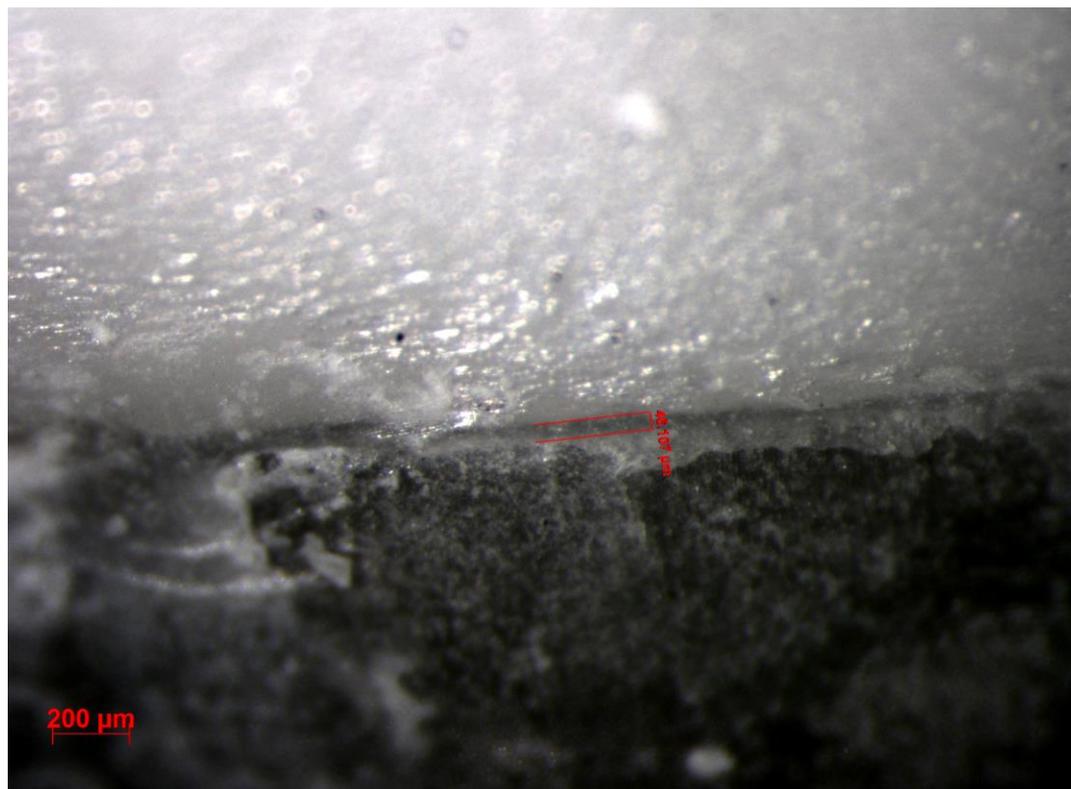


Figura 29- Imagem da desadaptação marginal (46,10  $\mu\text{m}$ ) da face vestibular de uma amostra RS (aumento de 40 x).

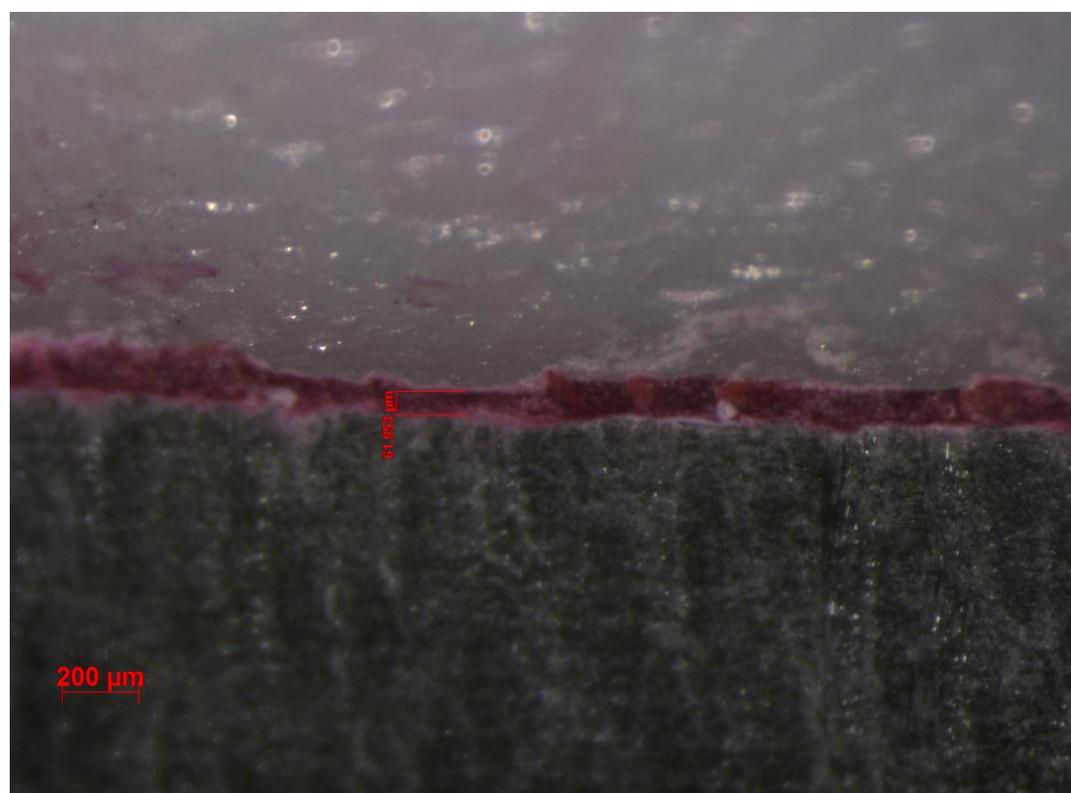


Figura 30- Imagem da desadaptação marginal (61,95  $\mu\text{m}$ ) da face vestibular de uma amostra P (aumento de 40 x).

### 5.1.1 Avaliação complementar

Com a análise do MEV (JSM-5600LV, Jeol, Tokyo, Japão), foram obtidas imagens sobre a espessura da camada do cimento resinoso (Figura 31 a 34).

A espessura da camada do glaze foram obtidas a partir de imagens feitas com o auxílio do estereomicroscópio (Discovery V-20, Zeiss, Alemanha) numa aproximação de 40 x (Figura 35 e 36).

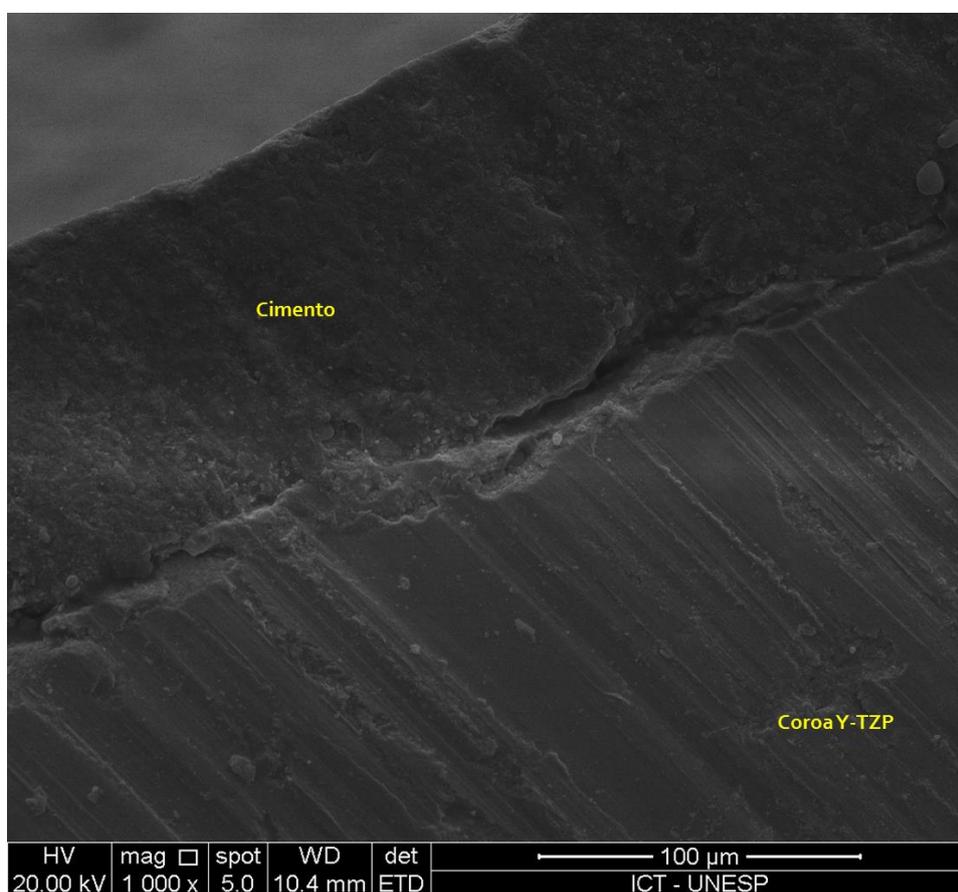


Figura 31- Espessura da camada de cimento de uma amostra GS.

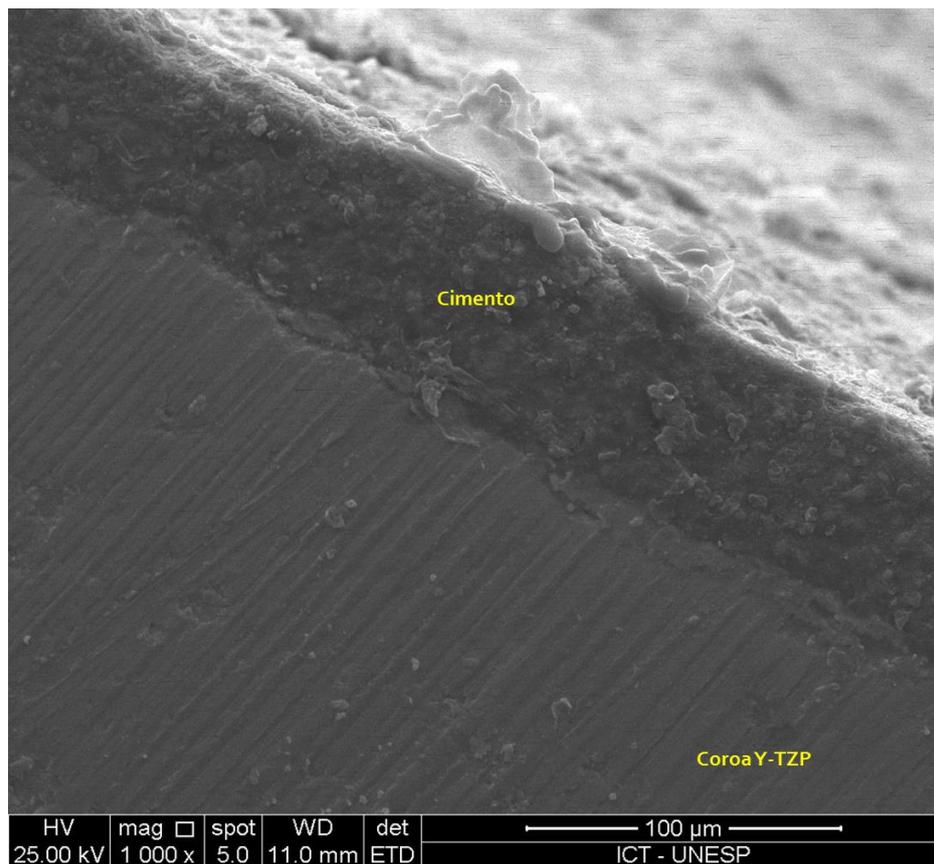


Figura 32- Espessura da camada de cimento numa amostra GP.

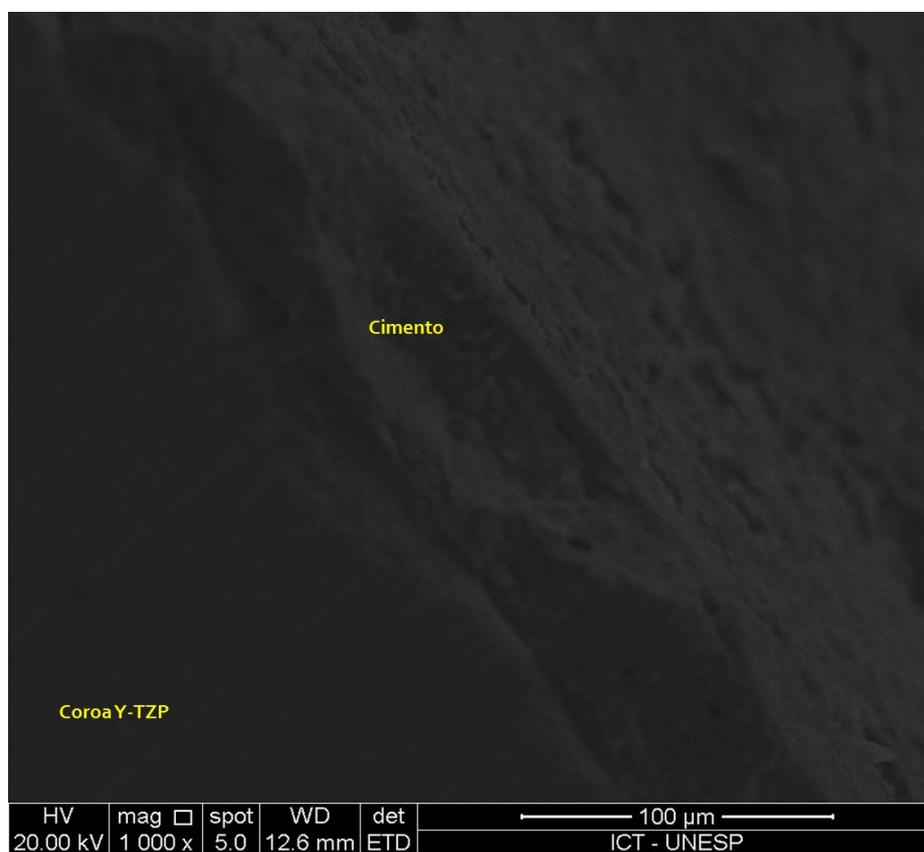


Figura 33- Espessura da camada de cimento numa amostra RS.

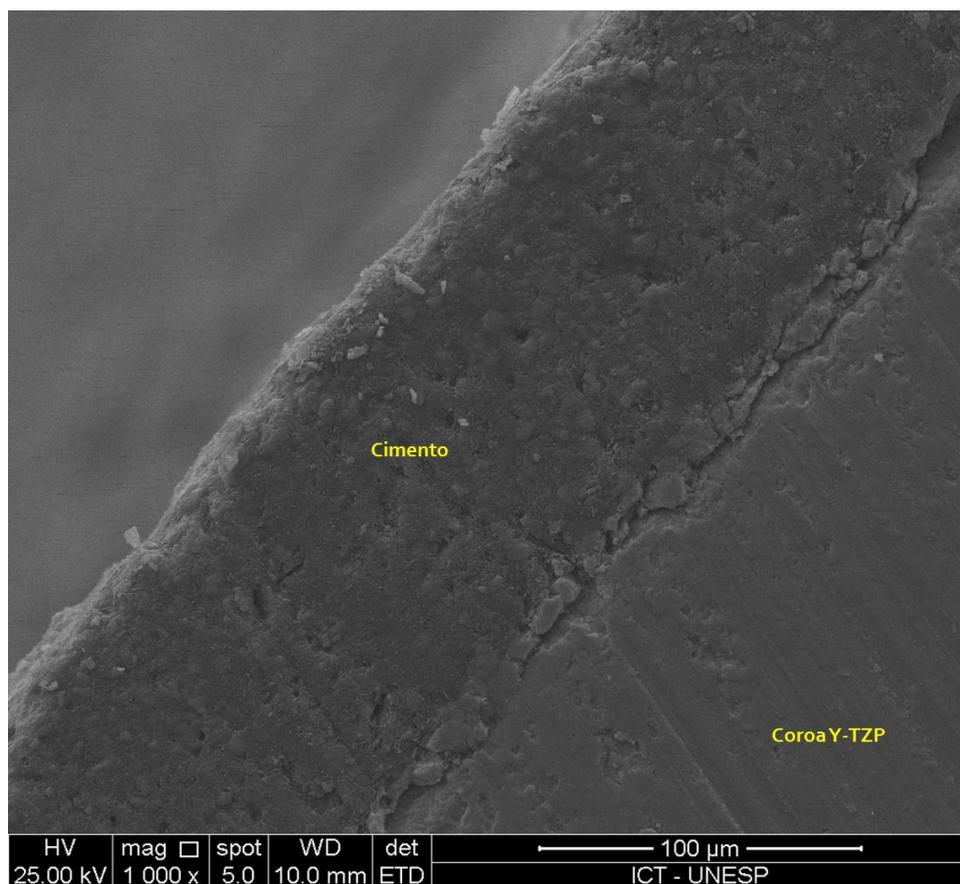


Figura 34- Espessura da camada de cimento numa amostra P.

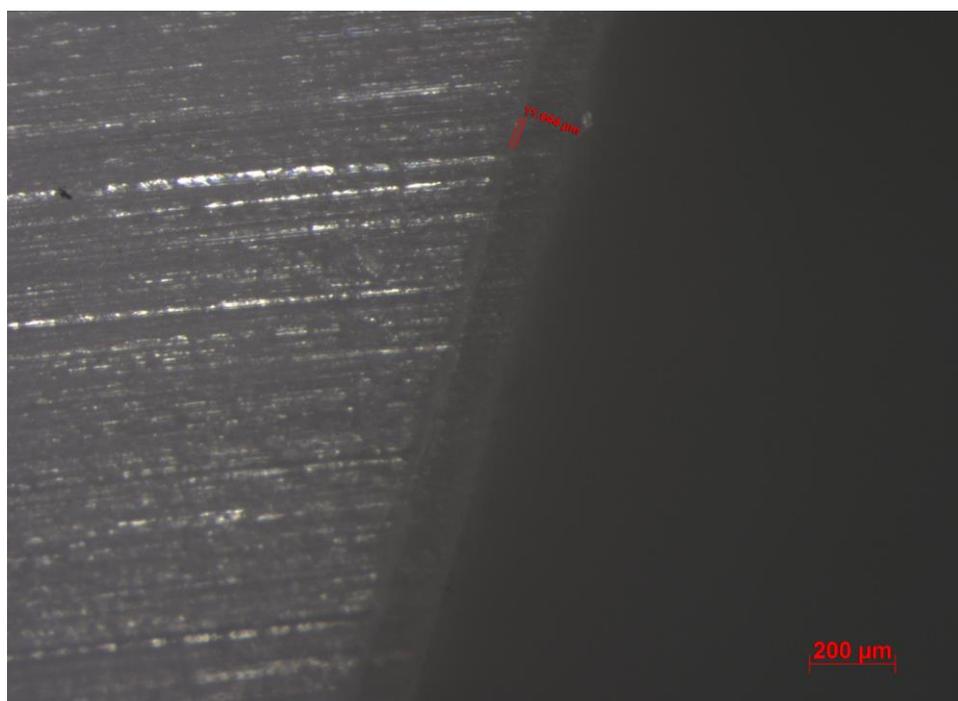


Figura 35 – Espessura de 11.64  $\mu$ m da camada de glaze do grupo GS.

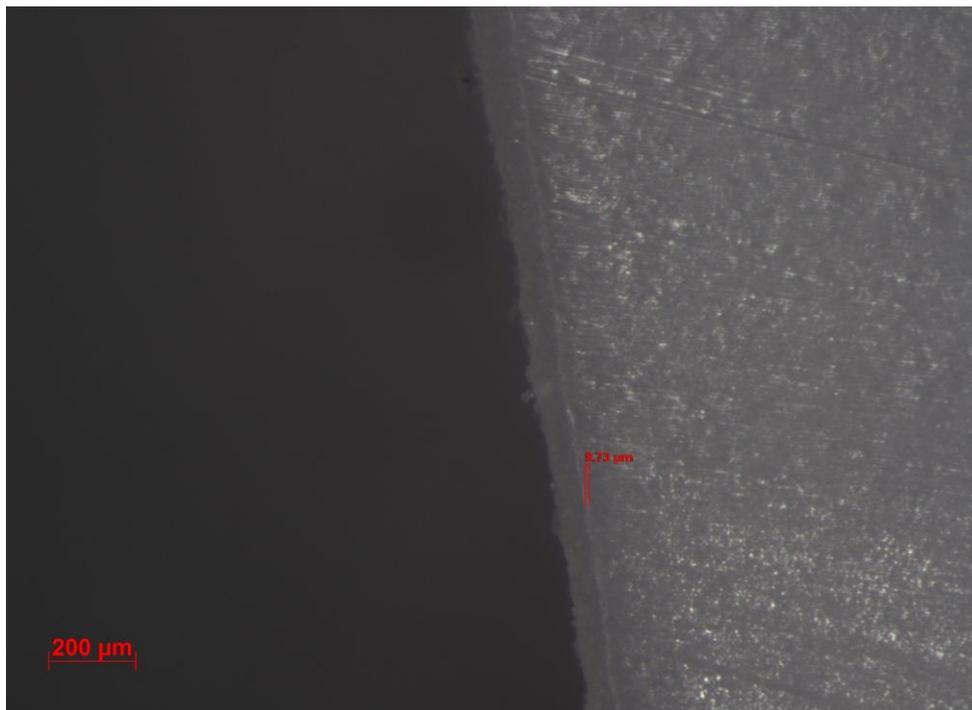


Figura 36 – Espessura de 9.73  $\mu\text{m}$  da camada de glaze do grupo GP.

## 5.2 Resistência de união

Para avaliar a influência do tratamento de superfície na resistência de união, os dados obtidos neste estudo foram submetidos ao modelo estatístico da análise de variância um fator (ANOVA), após ser considerada a distribuição dos resíduos.

Os valores residuais, decorrentes do ajuste desse modelo adotado, foram examinados para avaliar a adequabilidade do modelo para inferências estatísticas válidas. Sendo determinado que os dados originais propiciaram um adequado ajuste, pois os dados se ajustam a uma distribuição normal de probabilidade. Também foi verificada a uniformidade dos resíduos (homocedasticidade) por meio do gráfico dos valores destes em relação aos valores ajustados (Figura 37).

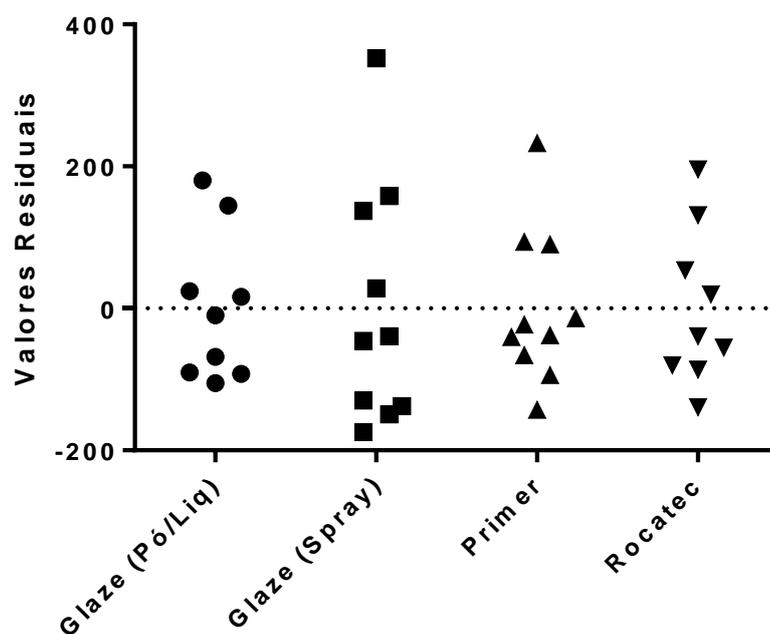


Figura 37- Gráfico do diagrama de dispersão dos valores residuais do modelo ANOVA em relação aos valores ajustados pelo modelo.

O teste ANOVA um fator revelou um efeito de interação significativa ( $p=0,001$ ), o que indica que houve alteração da resistência de união em razão do tratamento de superfície.

De acordo com o teste de Tukey (5%) os grupos com glaze foram os que apresentaram os maiores valores de resistência de união (Tabela 4).

<b>Grupos</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<b>Glaze (Pó/Liq)</b>	470,5 a	104,1
<b>Glaze (Spray)</b>	416,8 a	170,2
<b>Primer</b>	342,1 a b	109,7
<b>Rocatec</b>	208,9 b	110,0

Tabela 4: Resultados do teste de Tukey para os valores de resistência (N).

De acordo com a tabela 4 foi possível verificar, por meio de Teste de Tukey que:

Os valores de resistência de união dos grupos Glaze (Pó/Liq) ( $470,5 \pm 104,1$  N) e Glaze (Spray) ( $416,8 \pm 170,2$  N) foram estatisticamente superiores aos valores de resistência de união do grupo Rocatec ( $208,9 \pm 110,0$  N).

Os valores de resistência de união do grupo Primer ( $342,1 \pm 109,7$  N) foram estatisticamente semelhantes aos valores encontrados para os demais grupos.

## 6 DISCUSSÃO

O princípio básico dos testes laboratoriais de resistência adesiva, como os de tração e cisalhamento, consiste na aplicação de uma carga em um corpo de prova, visando gerar tensões na interface entre o substrato e o aderente até que haja o rompimento da união. Para isso é importante que a interface adesiva seja a região mais solicitada, independente, do ensaio empregado (VAN NOORT et al., 1989; VERSLUIS et al., 1997). No presente estudo foi adotado o teste de resistência a tração, pois é um dos ensaios mecânicos indicados para avaliação de resistência de união entre materiais de natureza diferentes, uma vez que se aproxima da condição real de distribuição de forças durante a mastigação (FOWLER et al., 1992). Foi utilizado para a realização do teste o dispositivo articulado e não rígido.

Os parâmetros utilizados para ciclagem termomecânica foram selecionados com base em estudos descritos na literatura (ROSENTRITT et al., 2000; KOMINE et al., 2004; STAPPERT et al., 2006). Deste modo, a força aplicada na ciclagem termomecânica do presente estudo foi de 100 N, numa frequência de 4,0 Hz. Com objetivo de simular um longo período de envelhecimento, optou-se por empregar neste estudo 2.000.000 de ciclos na cicladora termomecânica, uma vez que, de acordo com Heintze (2013), não há nenhuma evidência de que o estresse térmico por si só conduz a uma deterioração clinicamente relevante ou descolamento da interface adesiva. O carregamento cíclico e as condições de umidade causam a deterioração por força acumulada podendo provocar a fratura completa da coroa após um número crítico de ciclos (PETERSON et al., 1998), fato que não foi observado neste estudo.

Foi adotado também, para a realização deste estudo, um material que pudesse substituir o dente natural, tendo o módulo de elasticidade semelhante ao da dentina (KELLY et al., 2010). Portanto, foi utilizado o NEMA grade G-10, que é uma resina epóxi reforçada por malha de fibras de vidro (NEMA grade G-10) e que, devido ao fato de apresentar propriedades elásticas e de resistência de união à resina composta semelhantes ao dente natural (KELLY et al., 2010).

Os dentes humanos são capazes de suportar as cargas mastigatórias graças à distribuição adequada destas tensões sobre os tecidos de suporte (osso e ligamento periodontal). Sendo assim, para reproduzir a capacidade periodontal de

amortecimento das cargas mastigatórias e para que os testes de resistência obtenham valores mais próximos da realidade clínica, a inclusão da raiz dentária em alguns materiais é necessária. Portanto, assim como foi utilizado no estudo de Marinho (2012) e Carvalho (2014), o poliuretano foi escolhido para embutir o NEMA grade G-10, em virtude do módulo de elasticidade ser parecido ao osso (SCHERRER et al., 1993; MORETTI NETO et al., 2011) e representar de forma semelhante o comportamento do osso sob carga (SARAFIDOU et al., 2012).

O tipo de fixação dos espécimes e a simulação do ligamento periodontal com intuito de aproximá-los à mobilidade do dente natural tem sido descrito como importantes fatores a serem considerados (STERZENBACH et al., 2011). Pois, dentes rigidamente suportados podem gerar resultados enganosos quanto à capacidade das estruturas em tolerar cargas (SARAFIDOU et al., 2012; DITTIMER et al., 2010). Então, torna-se necessário realizar um periodonto artificial durante os testes de envelhecimento e carga de fratura, de modo que a função do ligamento periodontal possa ser simulada (ROSENTRITT et al., 2006). Esta simulação pode ser realizada por materiais como poliuretano elastomérico, poliéter e polissiloxano (SOARES et al., 2005; STERZENBACH et al., 2011) e deve ser realizada, pelo menos, durante a ciclagem mecânica para excluir a possibilidade de superestimação dos valores de resistência à fratura de materiais friáveis (ROSENTRITT et al., 2011). O comportamento mecânico de um tecido mole submetido ao estresse externo é não-linear e viscoso (PINI et al., 2002), semelhante às características do poliéter, que foi o material utilizado no presente estudo para simular o ligamento periodontal.

Deste modo, para substituir o tecido dentário, a resina epóxi reforçada por malha de fibra de vidro (NEMA grade G-10) foi utilizada como base do preparo para coroa total, sendo usinado a partir de um único desenho 3D, cujo preparo tinha a inclinação de 6°, chanfro largo, que é indicado para coroas em zircônia, que foi o material cerâmico utilizado neste estudo. As características do preparo foram semelhantes às do estudo de Carvalho (2014).

Quanto à confecção das coroas e, para que não houvesse um possível descolamento, fissura e/ou fratura da cerâmica de cobertura, assim como foi utilizada nos trabalhos de Beuer e colaboradores (2012), Zesewitz, Knauber, Nothdurft (2014) e Sun e colaboradores (2014), o presente estudo utilizou coroas monolíticas em zircônia. Estas, apresentaram anatomia e espessura padronizadas pelo processamento CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided

Machined), viabilizou similaridade anatômica entre as peças e minimizou a incorporação de defeitos durante a confecção, minimizando assim, as variáveis que pudessem gerar influências sobre os valores de resistência de união e de adaptação marginal das coroas analisadas. No entanto, mesmo adotando este conjunto de medidas, foi observado um desvio padrão alto para os valores de desadaptação marginal das coroas, que pode ter sido influenciado pelos diferentes tratamentos de superfície realizados.

A dificuldade de união das cerâmicas resistentes ao cimento resinoso é relatada como uma das principais limitações (DIAS DE SOUZA, THOMPSON, BRAGA, 2011; YILDIZ et al., 2013; BOTINO et al., 2014). Com o intuito de melhorar a resistência de união das cerâmicas Y-TZP aos cimentos resinosos, este estudo modificou a superfície da Y-TZP utilizando quatro diferentes tratamentos de superfície: silicatização (Rocatec Soft), aplicação de primer com MDP e duas formas de vitrificação (Glaze Spray e Glaze Pó/Líquido).

Os cimentos de fosfato de zinco e de ionômero de vidro também são indicados para a cimentação das coroas cerâmicas Y-TZP. Porém, a cimentação adesiva permite maior retenção, causada pelas micro retenções proporcionadas pelo condicionamento de superfície, assim como proporciona menor solubilidade do cimento, melhor adaptação marginal e, conseqüentemente menor infiltração marginal, que é um dos principais responsáveis pelas trocas das restaurações. Além disso, uma forte união adesiva entre o cimento resinoso e a cerâmica pode aumentar a resistência da restauração durante cargas oclusais (CAVALCANTI et al., 2009; VANDERLEI, BOTTINO, VALANDRO, 2013; YILDIZ et al., 2013), o que pôde ser observado no presente estudo, pois os grupos Glaze Spray (GS) e Glaze Pó/Líquido (GP) apresentaram as menores linhas de cimentação, ou seja, os menores valores de desadaptação marginal: GS ( $48,69 \pm 19,90 \mu\text{m}$ ) e GP ( $65,48 \pm 42,57 \mu\text{m}$ ) em relação aos grupos Rocatec Soft (RS) ( $96,05 \pm 62,98 \mu\text{m}$ ) e Primer (P) ( $156,0 \pm 113,3 \mu\text{m}$ ) e, os maiores valores de resistência de união: GS ( $416,8 \pm 170,2 \text{ N}$ ) e GP ( $470,5 \pm 104,1 \text{ N}$ ), quando comparado com os grupos RS ( $208,9 \pm 110,0 \text{ N}$ ) e P ( $342,1 \pm 109,7 \text{ N}$ ).

Das propostas relatadas na literatura, a vitrificação parece ser um meio eficaz para modificação da cerâmica Y-TZP, que passa a ter capacidade de união micromecânica, pelas micro retenções proporcionadas pelo condicionamento ácido do vidro depositado e, de união química com o silano e cimentos resinosos

(VANDERLEI, BOTTINO, VALANDRO, 2013). No presente estudo duas estratégias de vitrificação foram empregadas pelo uso de dois tipos de glazes já disponíveis comercialmente, de mesmo fabricante e mesma composição, no entanto, diferenciados pela apresentação do produto, uma via spray (Glaze Spray Vita Akzent – Grupo GS) e o outro pó + líquido (Glaze Pó/Líquido Vita Akzent – Grupo GP). A utilização dessas duas estratégias deve-se ao fato de que foi planejado neste estudo testar estes dois métodos de aplicação do produto para avaliação de qual seria mais viável e eficaz. De acordo com a tabela 4, pode-se observar que os grupos Glaze Pó/Líquido ( $470,5 \pm 104,1$  N) e Glaze Spray ( $416,8 \pm 170,2$  N) apresentaram valores de resistência de união estatisticamente semelhante entre si e ao grupo onde foi aplicado o Primer ( $342,1 \pm 109,7$  N).

De acordo com estes resultados, verificou-se que independentemente da forma de aplicação, o tratamento de superfície, tendo a vitrificação como procedimento inicial, seguida do condicionamento com ácido fluorídrico a 10% e silanização foram efetivos. Fato semelhante foi encontrado nos estudos de Cura et al., (2012), Vanderlei, Bottino, Valandro (2013) e Bottino et al., (2014). Sabe-se que ocorre uma modificação da superfície da cerâmica Y-TZP via vitrificação, que cria uma fina camada vítrea sobre a superfície desta cerâmica, permitindo que a ação do ácido fluorídrico crie micro retenções superficiais facilitando, desta, forma, a penetração do agente cimentante (ABOUSHEILIB et al., 2007; ABOUSHEILIB et al., 2008; ABOUSHEILIB et al., 2009; KITAYAMA et al., 2009; ABOUSHEILIB et al., 2010; NTALA et al., 2010; ABOUSHEILIB et al., 2011; BOTTINO et al., 2014). Estas retenções micromecânicas são pré-requisitos para o estabelecimento de uma união forte, estável e durável do cimento resinoso ao substrato de zircônia, como foi confirmado nos estudos de Aboushelib et al., (2010 e 2011). Aboushelib et al., 2007 recobriu a superfície da Y-TZP com vidro de baixa fusão (30% de Si, 13% de Ti, 8% de Al, 3% de K, 1% de Rb, 1% de Mg e o restante de O<sub>2</sub>) e obtiveram aumento na resistência adesiva comparado ao grupo controle (sem vitrificação).

Assim como no presente estudo, Ural et al., (2011) e Maeda et al., (2014) utilizaram o primer Signum Bond Zirconia e afirmaram que este primer possui maior valor de resistência adesiva comparado a outros sistemas adesivos, utilizando diferentes primers. Esses autores relataram também que o Signum Bond Zirconia possui em sua composição acetona, MDP e metil metacrilato e que o MDP aumenta a resistência de união entre a zircônia e cimento resinoso (CAVALCANTI et al.,

2009; BARBOSA et al., 2011; DIAS DE SOUZA, THOMPSON e BRAGA, 2011; KOKUBO et al., 2011; GIANNINI et al., 2012; BALDISSARA et al., 2013; AMARAL et al., 2014; MAEDA et al., 2014; MORADABADI et al., 2014), pois há uma afinidade química entre materiais contendo monômeros fosfatados e óxidos metálicos como o dióxido de zircônio (BARBOSA et al., 2011; MAEDA et al., 2014).

Entretanto, ao se comparar os grupos Primer ( $342,1 \pm 109,7$  N) e Rocatec Soft ( $208,9 \pm 110,0$  N), verificou-se que houve semelhança estatística nos valores de resistência de união. Alguns estudos, como o de Giannini et al., (2012) afirmaram que o efeito de primers sobre a resistência adesiva é limitado visto que a aplicação deste não aumentou a resistência de união dos cimentos resinosos à zircônia e o armazenamento em água por seis meses reduziu a resistência de união à zircônia para dois tipos de cimentos com MDP. O estudo de Aboushelib et al., (2009) afirmaram que os primers para zircônia produziram inicialmente um aumento na resistência de união, no entanto foram reduzidos significativamente após o armazenamento em água, pois são moléculas hidrofílicas.

Os grupos Glaze Spray ( $416,8 \pm 170,2$  N) e Glaze Pó/Líquido ( $470,5 \pm 104,1$  N) foram estatisticamente superiores aos valores de resistência de união do grupo Rocatec Soft ( $208,9 \pm 110,0$  N). Assim como neste estudo, nos trabalhos de Mattiello (2010), Ntala et al., (2010), Everson et al., (2012), Valentino et al., (2012) e Baldissara et al., (2013) a resistência a tração e ao cisalhamento mediante aplicação do filme vitrocerâmico foi estatisticamente superior ao uso do método de silicatização pelo sistema Rocatec Soft, estando este fato correlacionado a melhor interação química mediada pelo processo de silanização comum na superfície da zircônia modificada pelo filme vitrocerâmico, que cria uma camada condicionável numa cerâmica ácido-resistente o que faz com que esta superfície se aproxime da encontrada numa cerâmica vítrea (CURA et al., 2012; VANDERLEI, BOTTINO, VALANDRO, 2013; AMARAL et al., 2014; BOTINO et al., 2014).

Questiona-se a estabilidade da resistência de união da silicatização ao longo do tempo. Diante de tal fato, estudos que investigaram a durabilidade da união ao cimento resinoso, afirmaram que este procedimento perde sua eficácia com o passar do tempo uma vez que as partículas de sílica se desprendem da superfície da zircônia causando infiltração e descolamento das peças (KERN e WEGNER, 1998; KULUNK et al. 2011; DE CASTRO et al. 2012). Outro fator que é o ponto fraco da união zircônia silicatizada x cimento resinoso é a degradação hidrolítica sofrida por

ambas as partes (MANICONE, ROSSI IOMMETTI e RAFFAELLI 2007; DELLA BONA 2009; CHEVALIER et al. 2011). O que explica o resultado de algumas pesquisas (VALANDRO et al., 2007; PASSOS et al., 2010; QEBLAWI et al., 2010; DE CASTRO et al., 2012) que após envelhecimento os valores de adesão diminuiram significativamente (PAPIA et al., 2013).

Neste estudo, o grupo Primer ( $342,1 \pm 109,7$  N) alcançou valores de resistência de união semelhantes estatisticamente quando comparado com o grupo Rocatec Soft ( $208,9 \pm 110,0$  N). Este resultado corroborou com o estudo de Han et al., (2013) que utilizou o mesmo primer do presente estudo e verificou que este promoveu resistência de união semelhante estatisticamente quando comparado com a silicatização. Isso pode ser justificado pelo fato da silicatização produzir micro rugosidades e incorporar sílica na superfície da zircônia, enquanto que o silano que é aplicado posteriormente atua como elo de ligação química adicional entre essa superfície e a matriz de cimento resinoso (MANTILINNA e LASSILA, 2011; HAN et al., 2013; BOTINO et al., 2014; MAEDA et al., 2014). Outros estudos sobre a ligação química de zircônia relataram que a utilização de primers com MDP fornece uniões químicas estáveis, pelo fato dessa molécula se ligar diretamente à camada de óxido de zircônio com alta força de união (HAN et al., 2013; MORADABADI et al., 2014), o que corrobora os achados desta pesquisa.

Além de resistência à fratura e estética, adaptação marginal é um dos critérios mais relevantes para o sucesso a longo prazo das restaurações cerâmicas (MARTÍNEZ-RUS et al., 2011; RE et al., 2014). Isso é necessário para minimizar a desadaptação marginal, uma vez que um espaço significativo entre o dente e a restauração expõe o material de cimentação para o meio ambiente oral, resultando assim em uma taxa mais agressiva de dissolução do cimento causado por fluidos orais e forças químico-mecânicas.

Ao se analisar a tabela 3, verificou-se que os valores de desadaptação marginal variaram de  $48,69 \mu\text{m}$  até  $156 \mu\text{m}$ . No estudo de Yildiz et al, 2013, relataram que o valor de desajuste marginal para coroas de zircônia CAD/CAM varia de  $53$  a  $108 \mu\text{m}$ . Diante de tal informação, pode-se verificar que os grupos Glaze Spray ( $48,69 \mu\text{m}$ ) e Glaze Pó/Líquido ( $65,48 \mu\text{m}$ ) juntamente com o grupo Rocatec Soft ( $96,05 \mu\text{m}$ ) ficaram próximos destes valores.

De acordo com o teste de Dunn (Tabela 3) os grupos Glaze Spray ( $48,69 \pm 19,90 \mu\text{m}$ ) e Glaze Pó/Líquido ( $65,48 \pm 42,57 \mu\text{m}$ ) foram estatisticamente

iguais entre si. Fato semelhante foi encontrado no estudo de Vanderlei, Bottino, Valandro (2013) e pode ser justificado pelo fato de que esses dois tipos de glazeamento formarem uma camada de espessura entre 2 e 10  $\mu\text{m}$ , que não é capaz de causar uma desadaptação marginal significativa nas restaurações CAD/CAM de zircônia Y-TZP. Isso foi afirmado também por Bottino et al., (2014), pois o glaze aplicado é distribuído homoganeamente na superfície da zircônia, formando uma camada de glaze com espessura média entre 0.3 e 12  $\mu\text{m}$ , que é considerado um nível aceitável para ser aplicado internamente em uma coroa (KITAYAMA et al., 2009). Esse fato também pôde ser observado no presente estudo, pois foi confirmado que a camada do glaze aplicada sobre a superfície cerâmica tem uma espessura até 12  $\mu\text{m}$  e não interferiu na desadaptação marginal das coroas.

Os grupos Glaze Spray ( $48,69 \pm 19,90 \mu\text{m}$ ) e Glaze Pó/Líquido ( $65,48 \pm 42,57 \mu\text{m}$ ) apresentaram valores médios de desadaptação marginal estatisticamente menores em comparação com os valores do grupo Rocatec Soft ( $96,05 \pm 62,98 \mu\text{m}$ ). Fato que não ocorreu no trabalho de Vanderlei, Bottino, Valandro (2013), pois os grupos que receberam a vitrificação como tratamento de superfície tiveram os valores de discrepância marginal estatisticamente superiores ao grupo da silicatização ( $55,29 \pm 8,71$ ). Porém, nesse trabalho, Vanderlei, Bottino, Valandro (2013) não utilizaram coroas monolíticas em zircônia, somente a infraestrutura cerâmica e o alívio interno adotado no Cerec foi de 70  $\mu\text{m}$ . Este alívio não foi confirmado pela técnica da réplica com silicona como realizado no presente estudo, em que no Cerec o alívio interno adotado foi de 50  $\mu\text{m}$ , mas o alívio interno real foi de 80  $\mu\text{m}$ .

O grupo Primer apresentou valores médios de desadaptação marginal estatisticamente superiores em relação aos grupos Glaze Spray ( $48,69 \pm 19,90 \mu\text{m}$ ), Glaze Pó/Líquido ( $65,48 \pm 42,57 \mu\text{m}$ ) e Rocatec Soft ( $96,05 \pm 62,98 \mu\text{m}$ ). Esse fato pode ser justificado pela fotopolimerização da camada do primer aplicada na face interna da coroa Y-TZP, seguindo as orientações do fabricante. Isso pode ter criado uma espessura de camada do primer que pode ter causado uma maior desadaptação marginal em relação aos outros grupos. Pois, o alívio interno foi padronizado para todas as coroas e confirmado pela técnica da réplica com silicone de 80  $\mu\text{m}$ .

Segundo Kitayama et al., (2009) Kokubo et al., (2011) e Rinke et al., (2012) restaurações com desajuste cervical e camada de cimento até 120  $\mu\text{m}$ , são aceitáveis clinicamente. Assim, pode-se constatar que, independente do tratamento de superfície realizado, as médias de discrepância marginal obtidas nesse estudo estão dentro ou próximas dos valores de discrepância marginal aceitáveis clinicamente. Entretanto, estudos devem ser conduzido para confirmar se a camada de primer fotopolimerizada interfere na desadaptação marginal de coroas CAD/CAM e se também pode haver interferência do escoamento do cimento utilizado.

Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, acredita-se que a técnica de vitrificação da superfície da cerâmica de zircônia pode ser um caminho a ser considerado para solucionar o problema da cimentação deste tipo de material, uma vez que é um método simples e de custo acessível, visto que o material utilizado pode ser produzido industrialmente e disponibilizado para os laboratórios protéticos para aplicação na superfície interna das próteses em zircônia. Estudos adicionais devem ser conduzidos para: confirmar a estabilidade e a durabilidade desta união, aprimorar a técnica de aplicação do vidro na superfície interna das restaurações, avaliar o tempo de condicionamento com ácido fluorídrico e fazer estudos de acompanhamento clínico; e assim, poder confirmar a plausibilidade de sua aplicação na clínica odontológica.

## 7 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados neste estudo foi possível concluir que:

- 1- os grupos que tiveram menor desadaptação marginal foram Glaze Spray e Glaze Pó/Líquido;
- 2- os valores de resistência de união dos grupos Glaze Pó/Líquido e Glaze Spray foram estatisticamente superiores aos valores de resistência de união do grupo Rocatec e semelhante aos valores encontrados para grupo Primer.

## 8 REFERÊNCIAS

- ABOUSHLIB, MN., KLEVERLAAN, CJ., FEILZER, AJ. Selective infiltration-etching technique for a strong and durable bond of resin cements to zirconia-based materials. *J Prosthet Dent.* v.98, n.5, p.379-88, Nov. 2007.
- ABOUSHLIB, MN. et al. Innovations in bonding to zirconia-based materials. Part II: Focusing on chemical interactions. *Dental Materials.* v.25, p.989-993, 2009.
- ABOUSHLIB, MN., FEILZER, AJ., KLEVERLAAN, CJ. Bonding to zirconia using a new surface treatment. *J Prosthodont.* v.19, n.5, p.340-6, 2010.
- ABOUSHLIB, MN. Evaluation of Zirconia/Resin Bond Strength and Interface Quality Using a New Technique. *Adhes Dent.* v.24, n.1, p.31-6, Feb. 2011.
- AMARAL, M. et al. The potential of novel primers and universal adhesives to bond to zirconia. *Journal of Dentistry.* v.42, n.1, p.90-8, 2014.
- AMOROSO, AP. et al. Cerâmicas odontológicas: propriedades, indicações e considerações clínicas. *Revista Odontológica de Araçatuba,* v.33, n.2, p. 19-25, Julho/Dezembro, 2012.
- BALDISSARA, P. et al. Efficacy of Surface Treatments on the Bond Strength of Resin Cements to Two Brands of Zirconia Ceramic. *J Adhes Dent.* v.15, p.259–267, 2013.
- BARBOSA, WFS. et al. Efeito da aplicação de primers para metal na resistência de união de cimentos resinosos à zircônia. *RPG Rev Pós Grad* v.18, n.4, p.224-8, 2011.
- BEHR, M. et al. The bond strength of the resin-to-zirconia interface using different bonding concepts. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials.* v.4, n.1, p.2-8, 2011.
- BELO et al. Zircônia tetragonal estabilizada por ítria: comportamento mecânico, adesão e longevidade clínica. *Cerâmica.* v.65, p. 633-639, 2013.
- BEUER, F. et al. In vitro performance of full-contour zirconia single crowns. *Dent Mater.* v.28, n.4, p.449-56. Apr.2012.
- BINDL, A., LUTHY, H., MORMANN, WH. Strength and fracture pattern of monolithic CAD/CAM-generated posterior crowns. *Dent Mater.* v.22, n.1, p.29-36. Jan. 2006.
- BORBA, M. et al. Evaluation of the adaptation of zirconia-based fixed partial dentures using micro-CT technology. *Braz Oral Res. (São Paulo).* v.27, n.5, p.396-402. São Paulo. Sep-Oct .2013.
- BOTINO, MA. et al. Bonding of Y-TZP to Dentin: Effects of Y-TZP Surface Conditioning, Resin Cement Type, and Aging. *Operative Dentistry,* v.9, n.3, p.291-300, 2014.

CARVALHO, RF. Efeito de protocolos de cimentação na carga de fratura para uma cerâmica de dissilicato de lítio [tese]. Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos, UNESP - Univ Estadual Paulista, 2014.

CARVALHO, JS., GIANNINI, M., CAVALCANTI, NA. Durabilidade da união à cerâmica de zircônia tetragonal policristalina contendo ítrio (y-tzp). *Revista Bahiana de Odontologia*, Salvador, v.3, n.1, p.27-44. Dez. 2012.

CAVALCANTI, NA. Et al. Y-TZP Ceramics: Key Concepts for Clinical Application. *Operative Dentistry*. v.34, n.3, p.344-351, 2009.

CHINTAPALLI, RK. et al. Phase transformation and subsurface damage in 3Y-TZP after sandblasting. *Dental Materials*. v.29, p.566-572, 2013.

CRISTOFORIDES, P. et al. Composite resin to yttria stabilized tetragonal zirconia polycrystal bonding: comparison of repair methods. *Oper Dent*. v.37, n.3, p.263-71, 2012.

CURA C, et al. Comparison of alternative adhesive cementation concepts for zirconia ceramic: glaze layer vs zirconia primer. *J Adhes Dent*. v.14, n.1, p.75-82, 2012.

DE CASTRO, HL. et al. Influence of Y-TZP ceramic treatment and different resin cements on bond strength to dentin. *Dental Materials*. v.28, n.11, p.91-7, 2012.

DELLA BONA, A. Adesão às cerâmicas: evidências científicas para o uso clínico. São Paulo: Artes Médicas; 2009.

DIAS DE SOUZA, GM., THOMPSON, VP., BRAGA, RR. Effect of metal primers on microtensile bond strength between zirconia and resin cements. *J Prosthet Dent*. v.105, n.5, p.296-303, 2011.

ELSAKA, SE. Influence of surface treatments on the surface properties of different zirconia cores and adhesion of zirconia-veneering ceramic systems. *Dental Materials*. v.29, p.239-251, 2013.

EVERSON, P. et al. Improved bonding of zirconia substructures to resin using a "glaze-on" technique. *Journal of Dentistry*. v.40, p.347-351, 2012.

GIANNINI, M. et al. Avaliação do efeito da aplicação de primers para metal e do tipo de cimento resinoso na resistência de união à zircônia. *Rev. bras. odontol.*, Rio de Janeiro, v.69, n.1, p.15-20, jan./jun. 2012.

HAN, IH. et al. Effect of various intraoral repair systems on the shear bond strength of composite resin to zirconia. *Journal of Advanced Prosthodontics*. v.5, n.3, p.248-55, 2013.

KELLY, JR. et al. Development of a clinically validated bulk failure test for ceramic crowns. *J Prosthet Dent*. v.104, n.4, p.228-38. Oct. 2010.

KERN, M., WEGNER, SM. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent Mater*. v.14, n.1, p.64-71, 1998.

- KITAYAMA S. et al. Effect of an internal coating technique on tensile bond strengths of resin cements to zirconia ceramics. *Dent Mater J.* v.28, n.4, p.446-53, 2009.
- KOKUBO, Y. et al. Clinical marginal and internal gaps of zirconia all-ceramics crowns. *Journal of Prosthodont Research.* v.55, p.40-43, 2011.
- KOMINE, F. et al. Influence of diferente adhesive resin cements on the fracture strength of aluminun oxide ceramic posterior crowns. *J Prosthet Dent.* v.92, p.359-64, 2004.
- KÜLÜNK, S. et al. The effects of different desensitizing agents on the shear bond strength of adhesive resin cement to dentin. *J Esthet Restor Dent.* v.23, n.6, p.380-7, 2011.
- LARSSON, C. e WENNERBERG, A. The Clinical Success of Zirconia-Based Crowns: A Systematic Review. *Int J Prosthodont.* v.27, p.33–43, 2014.
- McLEAN, JW., von FRAUNHOFER, JA. The estimation of cement film thickness by na in vivo technique. *Br Dent J.* v.131, p.107-112, 1971.
- MAEDA, FA. et al. Association of Different Primers and Resin Cements for Adhesive Bonding to Zirconia Ceramics, *J Adhes Dent.* v.16, p. 261–265, 2014.
- MANICONE, PF., ROSSI IOMMETTI, P., RAFFAELLI, L. An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. *J Dent.* v.35, n.11, p.819-26, Nov 2007.
- MARINHO, CC. Influência do tratamento de superfície pós condicionamento e da ciclagem termomecânica na resistência à fratura de coroas cerâmicas [dissertação]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, UNESP - Univ Estadual Paulista; 2012.
- MARTÍNEZ-RUS, F. et al. Evaluation of the absolute marginal discrepancy of zirconia-based ceramic copings. *J Prosthet Dent.* v.105, n.2, p.108-114, 2011.
- MATTIELLO, RDL. Avaliação da resistência de união de um cimento resinoso a um filme vitrocerâmico depositado em superfície de y-tzp.
- MATINLINNA, JP., LASSILA, LV. Enhanced resin-composite bonding to zirconia framework after pretreatment with selected silane monomers. *Dent Mater.* v.27, n.3, p.273-80, 2011.
- MIYASHIRO, M. et al. Validation of an experimental polyurethane model for biomechanical studies on implant supported prosthesis-tension tests. *J Appl Oral Sci.* v.19, n.3, p.244-8. May-Jun. 2011.
- MIYASHITA et al., 2013. Sistemas de prótese CAD/CAM. In: Especialidade em foco – Beleza do sorriso. CALLEGARI, A., DIAS, RB. Napoleão, 2013.
- MORADABADI, A. et al. Effects of surface treatment on bond strength between dental resin agent and zirconia ceramic. *Materials Science and Engineering C* v.34, p.311–317, 2014.

- MORETTI NETO, RT. et al. Validation of an experimental polyurethane model for biomechanical studies on implant-supported prosthesis--compression tests. *J Appl Oral Sci.* v.19, n.1, p.47-51. Jan-Feb. 2011.
- NG, J., RUSE, D., WYATT, C. A comparison of the marginal fit of crowns fabricated with digital and conventional methods. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, p.1-6, 2014;
- NTALA, P. et al. Development and testing of multi-phase glazes for adhesive bonding to zirconia substrates *Journal of Dentistry.* v.38, n.10, p.773-781, 2010.
- PAPIA, E. et al. Impaction-modified densely sintered yttria-stabilized tetragonal zirconium dioxide: Methodology, surface structure, and bond strength. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2012.
- PASSOS, SP. et al. Adhesive quality of self-adhesive and conventional adhesive resin cement to Y-TZP ceramic before and after aging conditions. *Operative Dentistry.* v.35, n.6, p.689-96, 2010.
- PETERSON, IM. et al. Role of microstructure on contact damage and strength degradation of micaceous glass-ceramics. *Dent Mater.* v.14, n.1, p.80-9, 1998.
- QEBLAWI, DM. et al. The effect of zirconia surface treatment on flexural strength and shear bond strength to a resin cement. *J Prosthet Dent.* v.103, n.4, p.210-20, Apr 2010.
- RAHMÉ HJ. Et al. In vitro evaluation of the “replica technique” in the measurement of the fit of Procera® crowns. *J Contemp Dent Pract.* v.9, n.2. p.25-32, 2008.
- RE, D. et al. Comparison of marginal fit of Lava CAD/CAM crown-copings with two finish lines. *Journal of Esthetic Dentistry.* v.9, n.3, p.426-435, 2014.
- RINKE, S. et al. Multifactorial analysis of the impact of different manufacturing processes on the marginal fit of zirconia copings. *Dental Materials Journal.* v.31, n4, p.601–609, 2012.
- ROSENTRITT, M. et al. In vitro fracture force and marginal adaptation of ceramic crowns fixed on natural and artificial teeth. *Int J Prosthodont.* v.13, n.5, p.387-91. Sep-Oct. 2000.
- ROSENTRITT, M. et al. Influence of resilient support of abutment teeth on fracture resistance of all-ceramic fixed partial dentures: an in vitro study. *Int J Prosthodont.* v.24, n.5, p.465-8. Sep- Oct. 2011.
- ROSENTRITT, M. et al. Influence of stress simulation parameters on the fracture strength of all-ceramic fixed-partial dentures. *Dent Mater.* v.22, n.2, p.176-82. Feb. 2006.
- SARAFIDOU K. et al. Load-bearing capacity of artificially aged zirconia fixed dental prostheses with heterogeneous abutment supports. *Clin Oral Invest* 2012;16(3):961-.

- SCHERRER, SS., DE RIJK WG. The fracture resistance of all-ceramic crowns on supporting structures with different elastic moduli. *Int J Prosthodont.* v.6, n.5, p.462-7, 1993.
- SOARES, CJ. et al. Influence of root embedment material and periodontal ligament simulation on fracture resistance tests. *Braz Oral Res.* v.19, n.1, p.11-6. Jan-Mar. 2005.
- SOUZA, ROA., OZCAN, M., MIYASHITA, E. Zircônia na Odontologia: Vantagens e possíveis limitações. In: MENDES, WB., MIYASHITA, E., OLIVEIRA, GG. *Reabilitação oral: previsibilidade e longevidade.* Napoleão, 2011.
- STERZENBACH, G. et al. In- vitro simulation of tooth mobility for static and dynamic load tests: A pilot study. *Acta Odontol Scand.* v.69, n.5, p.316-8. Sep. 2011.
- SUN, T. et al. Load-bearing capacity and the recommended thickness of dental monolithic zirconia single crowns. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials.* v.35, p.93-101, 2014.
- URAL, C. et al. Determination of resin bond strength to zirconia ceramic surface using different primers. *Acta Odontologica Scandinavica.* v.69, n.1, p.48-53, 2011.
- VALENTINO, TA. et al. Influence of glazed zirconia on dual-cure luting agent bond strength *Operative Dentistry.* v.37, n2, p.181-187, 2012.
- VALANDRO, LF. et al. Microtensile bond strength of a resin cement to silica-coated and silanized In-Ceram Zirconia before and after aging. *Int J Prosthodont.* v.20, p.70–2, 2007
- VAN NOORT, R. et al. A critique of bond strength measurements. *J Dent.* v.17, p.61-7, 1989.
- VANDERLEI, AD., BOTTINO, MA., VALANDRO, LF. Evaluation of Resin Bond Strength to Ytria-stabilized Tetragonal Zirconia and Framework Marginal Fit: Comparison of Different Surface Conditionings. *Operative Dentistry,* v. Apr, p. 12-17, 2013.
- VERSLUIS, A., TANTBIROJN, D., DOUGLAS, WH. Why do shear bond tests pull dentin? *J Dent Res.* v.76, n.6, p.1298-307, 1997.
- YILDIZ, C. et al. Marginal-internal adaptation and fracture resistance of CAD/CAM crown restorations. *Dental Materials Journal.* v.32, n.1, p.42–47, 2013.
- ZESEWITZ, TF., KNAUBER, AW., NOTHDURFT, FP. Fracture Resistance of a Selection of Full-Contour All-Ceramic Crowns: An In Vitro Study. *Int J Prosthodont.* v.27, p.264–266, 2014.