



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de São José dos Campos  
Instituto de Ciência e Tecnologia

**FERNANDA ALVES FEITOSA**

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE  
SUPERFÍCIE NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE CERÂMICA  
DE DI-SILICATO DE LÍTIO**

2014

**FERNANDA ALVES FEITOSA**

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE NA  
RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE CERÂMICA DE DI-SILICATO DE LÍTIO**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Campus de São José dos Campos, UNESP – Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE, pelo Programa de Pós- Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA, Especialidade de Dentística.

Orientador: Prof. Dr. César Rogério Pucci

Co-orientador: Prof. Dr. Rodrigo Máximo de Araújo

São José dos Campos

2014

Apresentação gráfica e normalização de acordo com:  
Alvarez S, Coelho DCAG, Couto RAO, Durante APM. Guia prático  
para  
Normalização de Trabalhos Acadêmicos do ICT. Rev. São José dos  
Campos: ICT/UNESP; 2013.

F329a Feitosa, Fernanda Alves  
Avaliação de diferentes tratamentos de superfície na resistência de união de  
cerâmica de di-silicato de lítio / Fernanda Alves Feitosa. - São José dos Campos :  
[s.n.], 2014.  
88 f. : il.

Disseratação (Mestrado em Odontologia Restauradora) – Instituto de Ciência e  
Tecnologia de São José dos Campos, UNESP - Univ Estadual Paulista, 2014.  
Orientador: Prof. Titular Cesar Rogério Pucci.  
Co-Orientador: Rodrigo Máximo de Araujo.

1. Cerâmica. 2. Cimentação. 3. Laser de alta potência. 4. Adesividade. 5.  
Macrotração. I. Pucci, Cesar Rogério. II. Instituto de Ciência e Tecnologia de São  
José dos Campos, UNESP - Univ Estadual Paulista. III. Universidade Estadual  
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. IV. UNESP – Univ Estadual Paulista. V. Título

tD15

Ficha catalográfica elaborada pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação do  
Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos – UNESP

## AUTORIZAÇÃO

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho,  
por qualquer meio convencional ou eletrônico, desde que citada a  
fonte.

São José dos Campos, 29 de Janeiro de 2014.

E-mail: [fer.feitosa@hotmail.com](mailto:fer.feitosa@hotmail.com)

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dr. César Rogério Pucci (Orientador)**

Faculdade de Odontologia de São José dos Campos

UNESP – Univ Estadual Paulista

Campus de São José dos Campo

**Prof. Dr. Antonio Marcio Resende do Carmo**

Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora

UFJF – Univ Federal de Juiz de Fora

**Profª. Dra. Maria Filomena Rocha Lima Huhtala**

Faculdade de Odontologia de São José dos Campos

UNESP – Univ Estadual Paulista

Campus de São José dos Campos

São José dos Campos, 08 de janeiro de 2014.

## DEDICATÓRIA

À **Deus** que está sempre comigo, me protegendo e abrindo novos caminhos.

Aos meus pais, **Marco Aurelio Alves Feitosa e Nancy Maria Fonseca Feitosa** que me apoiam, incentivam e são o alicerce para os passos que dou. Amo vocês e tenho muito orgulho dos valores de nossa família. Poucas pessoas tem o que temos em casa... valores de amor, união e respeito acima de tudo.

À minha melhor amiga e companheira, minha irmã **Sabrina Alves Feitosa**. Já passamos a infância, as graduações, terminamos nossos mestrados e agora estamos juntas no doutorado. Independentemente da distância física, sei que estamos sempre juntas. Você é uma grande parceira, que sempre se preocupou em abrir caminhos e me ajudar, espero poder retribuir esse carinho. Muito obrigada.

Ao meu irmão **Marco Aurelio Alves Feitosa Filho**, pelo companheirismo que temos desde sempre. Amo você e sei que estamos juntos para o que for preciso.

Aos meu avós **Amenadabe Feitosa** (*in memorian*), **Alda Luisa Capeleto Feitosa**, **Lauro Engler da Fonseca** (*in memorian*) e **Aracy Pinto da Fonseca** (*in memorian*). Pessoas fortes, com histórias de esforço e perseverança. É muito bom estar numa família que valoriza o trabalho e a honestidade. É isso que nos inspira a sempre acordar cedo e lutar, pois a vida e o sucesso dependem disso.

À minha tia **Suely Pinto da Fonseca**. A Sra faz parte das minhas melhores lembranças de infância e é mais do que uma segunda mãe para mim.

Ao meu namorado **Rodrigo Máximo de Araújo**. Você me fez ver a vida de um modo diferente. Obrigada por toda a ajuda e por estar comigo em todos os momentos, me alegrando e me fazendo cada vez melhor. Sou muito feliz por ter você na minha vida.

À **Maria Amélia Máximo de Araújo**, foi um prazer muito grande conhecer a senhora. É ótimo ter a companhia de alguém com quem posso conversar sobre qualquer assunto e me sentir sempre acolhida. Obrigada pela ajuda, pelos conselhos, pelas boas ideias e por todo o encorajamento.

Às minhas amigas **Nádia Ferreira**, **Thais Rossi**, **Mariah Reis**, **Flávia Teixeira** e **Andrea Tonetto**. Amizades que vão durar por toda a vida.

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

Ao meu professor e orientador **Prof. Dr. César Rogério Pucci**, pela confiança que depositou e pelas oportunidades que me deu. Agradeço pelos ensinamentos transferidos.

Ao meu co-orientador **Prof. Dr. Rodrigo Máximo de Araújo**, que participou efetivamente de todas as etapas dessa pesquisa. Confio cegamente no seu trabalho e sei de sua força de vontade e potencial. Obrigada por fazer parte desse passo tão importante da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos - UNESP através do seu Diretor Prof. Adjunto **Carlos Augusto Pavanelli**.

Ao programa de Pós graduação em Odontologia Restauradora, coordenado pela **Profª Tit. Marcia Carneiro Valera**

A **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)** e a **Fundação de Amparo a Pesquisa (FAPESP)** pelo apoio financeiro concedido (processo número 2012/08443-6).

Aos membros do **Conselho de Pós-Graduação: Profª Titular Marcia Carneiro Valera, Prof. Titular Marco Antonio Bottino, Prof. Adjunto Sergio Eduardo de P Gonçalves, Prof. Dr. Alexandre Luiz Souto Borges.**

Ao **Prof. Ivan Balducci** pela ajuda, disponibilidade, atenção e a pronta dedicação e contribuição para realização da análise estatística desse trabalho.



Ao **Prof. Dr. Nelson Luiz de Macedo**, que me acolheu e foi meu primeiro contato com o mundo científico, em 2008. Muito obrigada.

Aos **professores das disciplinas de Dentística e Oclusão e Escultura Dental: Alessandra Buhler Borges, Carlos Rocha Gomes Torres, Clovis Pagani, Eduardo Bresciani, Jose Roberto Rodrigues, Maria Amelia Máximo de Araújo, Maria Filomena Rocha Lima Huhtala, Sergio Eduardo de Paiva Gonçalves e Taciana Marco Ferraz Caneppele**, por toda ajuda, boa convivência e ensinamentos transferidos.

A **Josiana, Fernanda, Fernandinho, Marcos, Lilian, Thais e Marco** pela ajuda e amizade.

Aos funcionários da secção de Pós-Graduação, **Rose, Ivan, Erena e Bruno**.

Aos meus colegas de Mestrado **Stella Esteves, Erica Crastechini, Monique Maia e Geraldo Miranda**.

Aos demais colegas de Pós-Graduação em **Odontologia Restauradora**.

*“Foi o tempo que dedicastes à tua rosa que a fez tão  
importante”*

*Antoine de Saint-Exupéry*

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>10</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>12</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISAO DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Cerâmicas de Di-silicato de Lítio .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Técnicas e Tratamentos na Superfície Cerâmica .....</b>	<b>29</b>
<b>3 PROPOSIÇÃO .....</b>	<b>44</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>45</b>
<b>4.1 Materiais Utilizados .....</b>	<b>45</b>
<b>4.2 Métodos .....</b>	<b>46</b>
4.2.1 Preparo dos Especimes .....	46
4.2.2 Tratamentos de Superfície .....	51
4.2.3 Cimentação .....	56
<b>4.3 Simulação de Envelhecimento .....</b>	<b>56</b>
<b>4.4 Ensaio Mecânico .....</b>	<b>57</b>
<b>4.5 Hipóteses.....</b>	<b>58</b>
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>60</b>
<b>5.1 Análise da Superfície Cerâmica.....</b>	<b>64</b>
<b>6 DISCUSSÃO .....</b>	<b>67</b>
<b>6.1 Da Metodologia .....</b>	<b>74</b>
<b>6.2 Dos Resultados .....</b>	<b>75</b>
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>80</b>
<b>8 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>81</b>

Feitosa FA. Avaliação de diferentes tratamentos de superfície na resistência de união de cerâmica de di-silicato de lítio [dissertação]. São José dos Campos (SP): Instituto de Ciência e Tecnologia, UNESP - Univ Estadual Paulista; 2014.

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes tratamentos de superfície na resistência de união entre a cerâmica de di-silicato de lítio IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) e o cimento resinoso Variolink II (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) quando submetidos a teste de tração. Para isso 330 bases tronco-cônicas de cerâmica de di-silicato de lítio foram aleatoriamente divididas em 11 grupos de acordo com o tratamento a ser realizado: C - grupo controle; J - Jateamento com óxido de alumínio (50  $\mu\text{m}$ ); JAr - Jateamento com óxido de alumínio (30  $\mu\text{m}$ ) e secagem do silano com ar quente; GEr - Revestimento da superfície com grafite e tratamento com laser Er:YAG (200 mJ de intensidade de energia e 10 Hz de frequência); GErAr - Revestimento da superfície com grafite, tratamento com laser Er:YAG (200 mJ de intensidade de energia e 10 Hz de frequência) e secagem do silano com ar quente; Er - Tratamento com laser Er:YAG (200 mJ de intensidade de energia e 10 Hz de frequência); ErAr - Tratamento com laser Er:YAG (200 mJ de intensidade de energia e 10 Hz de frequência) e secagem do silano com ar quente; GNd - revestimento da superfície com grafite e tratamento com laser Nd:YAG (120 mJ de intensidade de energia e 15 Hz de frequência); GNdAr - Revestimento da superfície com grafite, tratamento com laser Nd:YAG (120 mJ de intensidade de energia e 15 Hz de frequência) e secagem do silano com ar quente; Nd - Tratamento com laser Nd:YAG (120 mJ de intensidade de energia e 15 Hz de frequência); NdAr - Tratamento com laser Nd:YAG (120 mJ de intensidade de energia e 15 Hz de frequência) e secagem do silano com ar quente. O cimento resinoso que uniu os espécimes foi fotoativado por 40 segundos utilizando o aparelho LED (Radii cal-SDI). Então, foi realizada a ciclagem termomecânica com carga de 60N, 1.000 ciclos térmicos e 24000 mecânicos e o ensaio mecânico de tração na máquina de ensaios universal EMIC. Os dados obtidos foram submetidos aos testes de Dunnett ( $\alpha=5\%$ ) e ANOVA 3 fatores. O grupo Er apresentou médias de resistência a tração maiores que o grupo controle e os demais grupos, enquanto o grupo NdG apresentou resultados de resistência de união inferiores ao grupo controle e aos outros tratamentos de superfície testados. Os demais grupos não diferiram estatisticamente do grupo controle. Foi concluído que o tratamento de cerâmicas vítreas enriquecidas

por di-silicato de lítio com irradiação pelo laser Er:YAG apresenta boa resistência a macrotração; que os tratamentos de cobertura da superfície com grafite, jateamento com óxido de alumínio, irradiação com laser Nd:YAG sem cobertura de grafite e secagem do silano com ar quente não melhoram a resistência adesiva em relação a aplicação apenas do condicionamento com ácido hidrófluídrico e silano; e que a cobertura da superfície com grafite seguida da irradiação pelo laser Nd:YAG nos parâmetros utilizados diminui a resistência adesiva em relação aos outros tratamentos e ao grupo controle.

Palavras-chave: Cerâmica. Cimentação. Laser de alta potência. Adesividade. Macrotração.

Feitosa FA. Evaluation of different surface treatments on the shear bond strength of lithium disilicate ceramic [dissertation]. São José dos Campos (SP): Institute of Science and Technology, UNESP - Univ Estadual Paulista; 2014.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the bond strength afforded by different surface treatments on IPS e.max Press ceramic united to Variolink II (both Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein), when subjected to tensile test. 330 ceramic bases were divided into 11 groups in accordance with the surface treatment performed: C - control group J - aluminum oxide sandblast, JA - aluminum oxide sandblast and silane hot air dry, GE - surface coating with graphite and treatment with Er: YAG laser (200 mJ of energy intensity and frequency 10 Hz), GEAr - surface coating with graphite, treatment with Er: YAG laser (200 mJ of energy intensity and 10 Hz frequency) and silane hot air dry; Er - treatment with Er: YAG laser (200 mJ of energy intensity and frequency 10 Hz) ErAr - treatment with Er: YAG laser (200 mJ intensity energy and 10 Hz frequency) and silane hot air dry; GNd - coating the surface with graphite and treatment with Nd: YAG laser (120 mJ of energy and intensity of frequency 15 Hz); GNdAr - coating the surface with graphite , treatment with Nd: YAG laser (120 mJ of energy intensity and 15 Hz frequency) and silane hot air dry; Nd - treatment with Nd: YAG laser (120 mJ of energy intensity and frequency 15 Hz); NdAr - treatment with Nd: YAG laser (120 mJ of energy and intensity of frequency 15 Hz) and silane hot air dry. The resin cement that unite the specimens was cured for 40 seconds using the LED cure equipment (Radium-cal SDI). Then they were thermomechanical cycled (60N, 1,000 thermal cycles and 24000 mechanical) and were submitted to the tensile test in a universal testing machine EMIC-2000. Data were tested for Dunnet ( $\alpha = 5\%$ ) and 3 ANOVA Way. The Er group showed higher tensile strength greater than the control group and the other groups, while the NdG group presented results of bond strength lower than the control group and the other surface treatments. The other groups did not differ statistically from the control group. It was concluded that treatment of lithium disilicate ceramic with irradiation with the Er: YAG laser has good tensile resistance; treatments which cover the surface with graphite, aluminum oxide blasting, irradiation with Nd: YAG laser uninsured graphite and drying with hot air silane not improve the bond strength compared to applying only etching with hydrofluoric acid and silane, and the coverage of the surface with graphite followed by irradiation of Nd: YAG laser decreases bond strength compared to the other

*treatments and the control group.*

*Keywords: Ceramics. Cementation. Laser. Bond Strength. Tensile.*

## 1 INTRODUÇÃO

As cerâmicas odontológicas são utilizadas como material de escolha em grande parte das restaurações indiretas devido a sua característica estética favorável, biocompatibilidade e propriedades mecânicas adequadas (Kosmac et al.,1999; Kitayama et al.,2010). A estrutura das cerâmicas é formada por elementos metálicos e substâncias não-metálicas, como óxidos, nitretos e silicatos, formando um composto muito estável devido a sua alta resistência de união interatômica primária (iônica e covalente) (Bona, 2009).

Por muitos anos as coroas metalo-cerâmicas foram uma ótima opção para restaurações indiretas, porém a partir da década de 1980 devido ao desenvolvimento do método de silanização (Calamia, 1983, Calamia et al., 1984, Calamia et al., 1985), juntamente aos sistemas adesivos e cimentos resinosos, estas cerâmicas puderam ser confeccionadas utilizando uma infraestrutura também em cerâmica. Dessa forma as restaurações indiretas *metalfree* passaram a ser utilizadas para casos de inlay, onlay, facetas e coroas totais.

Com os avanços nos materiais restauradores indiretos, surgiu a necessidade de melhorias relacionadas a cimentação das peças ao remanescente dentário. Os cimentos a base de ionômero de vidro (convencionais ou modificados por resina) e os cimentos resinosos são as principais escolhas para cimentação de restaurações cerâmicas ao remanescente dentário (Bonna, 2009). Os cimentos resinosos apresentam boa resistência e retenção quando comparados a cimentos a base de ionômero de vidro convencional e fosfato de zinco (Zidan et al., 2003), além de serem disponíveis comercialmente em variadas cores, possibilitando a utilização da coloração esteticamente compatível para cada caso clínico.



Dentre as alternativas desenvolvidas para a melhora na adesão das cerâmicas ao cimento, encontram-se diversos tratamentos da superfície da cerâmica. Um exemplo de modificação da superfície é o uso de ácidos para as cerâmicas ácido-sensíveis (enriquecidas por di-silicato de lítio, leucita ou feldspato). Outro tratamento é realizado com o jateamento de partículas de óxido de alumínio previamente a aplicação do silano, o que aumenta a energia de superfície da cerâmica, permitindo que o silano se espalhe uniformemente e espontaneamente, resultando em um bom molhamento da superfície e aparentemente garantindo uma camada mais uniforme e menos sujeita a falhas (Kiyan et al., 2007; Akin et al., 2011).

Outro tratamento que vem demonstrando bons resultados de adesão é feito com a irradiação por laser de alta potência. Os lasers mais utilizados em Odontologia como o Er:YAG (erbium: yttrium-aluminum-garnet) e Nd:YAG (neodymium: yttrium-aluminum-garnet) são, basicamente, sistemas com meio ativo de estado sólido, constituído por um cristal de Ítrio-alumíniogranada dopados com érbio ou neodímio, respectivamente (Andrade, 2002). O objetivo do uso do laser no tratamento de superfícies é verificar um possível aumento na força adesiva entre cerâmica e cimento, já que o laser ER:YAG tem a habilidade de remover partículas por um processo chamado “ablação”, que inclui micro-explosões e vaporização (Dilber et al, 2012; Demir et al. 2012), enquanto o laser Nd:YAG demonstra aumentar a rugosidade e a resistência da superfície da cerâmica para a realização da cimentação adesiva (Akin et al., 2011; Usumez et al, 2011). Todos os tratamentos citados acima, por meio da criação de micro-retenções, elevam a energia de superfície da cerâmica, proporcionando um melhor molhamento do sistema adesivo, o que pode resultar em uma união mais propensa ao sucesso.

Um dos problemas encontrados na utilização do tratamento com laser é que a superfície da cerâmica pode não absorver suficientemente o comprimento de onda emitida pelo laser, assim não surtindo o resultado esperado. Silveira (2005) testou a aplicação de pó de

grafite na superfície cerâmica, e obteve um aumento na absorção da energia pela irradiação do laser, porém o número de pesquisas envolvendo essa técnica ainda é reduzido (Silveira et al., 2005; Cavalcanti et al., 2009; Gomes et al., 2013).

Outro artefato que vêm sendo estudado como meio de otimizar a resistência de união é a secagem do silano com jato de ar quente. Os agentes de união a base de silano unem-se à superfície cerâmica por reações de condensação. Enquanto existir Si-OH disponível na superfície da cerâmica, uma boa adesão deverá ser obtida. Assim, objetiva-se obter uma fina camada de silano sobre a superfície cerâmica, e um dos mecanismos de redução dessa película é pelo seu aquecimento, que tem demonstrado promover um processo de condensação do silano na superfície da cerâmica e remover algumas das moléculas fracamente absorvidas. A técnica tem demonstrado sucesso em pesquisas, pois otimiza as interações químicas entre os primers do silano e o substrato do compósito (Monticelli et al., 2006; Papacchini et al., 2007).

Muitos trabalhos vêm sendo realizados com o objetivo de sanar ou ao menos diminuir os problemas que ainda trazem falhas às restaurações totalmente cerâmicas. Como descrito acima, um desses problemas é o relacionado a adesão, essa representada pela união dos substratos (dentário e cerâmico) ao cimento resinoso. Nesse contexto, o presente estudo se propõe a avaliar e comparar o efeito de diferentes tratamentos na superfície de cerâmica vítrea a base de di-silicato de lítio, utilizando jateamento com partículas de óxido de alumínio, irradiação com lasers Nd:YAG e Er:YAG, sua combinação com aplicação de grafite e secagem do silano com jato de ar quente, com o objetivo de delinear quais métodos proporcionam maior resistência de união.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Com o objetivo de facilitar a compreensão do assunto abordado, este capítulo será dividido em dois tópicos: **2.1 Cerâmicas de di-silicato de lítio** no qual trataremos especificamente da classe de cerâmicas empregadas nessa pesquisa, resumindo a literatura encontrada sobre o desempenho laboratorial e clínico do material; **2.2 Técnicas e tratamentos na superfície cerâmica** onde métodos de pesquisa e tratamentos empregados serão abordados com o intuito de comprovar a efetividade de produtos e técnicas.

### 2.1. Cerâmicas de di-silicato de lítio

Holand et al. (2000) analisaram e compararam a microestrutura das cerâmicas vítreas IPS Empress (reforçada por leucita) e IPS Empress 2 (reforçada por di-silicato de lítio) pela visualização em microscopia eletrônica de varredura. Durante as análises, a resistência a flexão da cerâmica de di-silicato de lítio foi mais 3 vezes superior à da reforçada por leucita. Quanto a tenacidade à fratura os valores de  $K_{IC}$  foram de  $3.3 \pm 0.3$  MPa para IPS Empress 2 e  $1.3 \pm 0.1$  MPa para IPS Empress. O comportamento frente à abrasão, propriedades ópticas como translucidez, e as propriedades químicas de ambas as cerâmicas testadas demonstraram se adequar aos padrões, entretanto os autores concluíram que as propriedades mecânicas da cerâmica de di-silicato de lítio Empress 2, são melhores e que esta pode ser utilizada para confecção de próteses fixas de até 3 elementos, que alcancem até a região de 2º pré-molar.

Borges et al. (2003) avaliaram a topografia de superfície de 6 diferentes cerâmicas após tratamento com ácido hidrofúorídrico ou jateamento com partículas de óxido de alumínio. 5 *copings* de cada tipo de cerâmica avaliada (IPS Empress, IPS Empress 2, Cergogold, In-Ceram Alumina, In-Ceram Zirconia e Procera) foram fabricados segundo as recomendações do fabricante. Cada *coping* foi seccionado em 4 partes iguais com um disco diamantado. As partes seccionadas foram divididas em 3 grupos segundo o tratamento de superfície ao qual seriam submetidas: 1- controle (nenhum tratamento de superfície); 2- jateamento com partículas de alumínio 50 $\mu$ m; 3- condicionamento com ácido hidrofúorídrico 10% (20 s para IPS Empress 2; 60 s para IPS Empress e Cergogold e 2 min para In-Ceram Alumina, In-Ceram Zirconia e Procera). Os resultados mostraram que o jateamento alterou a morfologia de superfície das cerâmicas IPS Empress, IPS Empress 2 e Cergogold. As superfícies dessas cerâmicas apresentaram irregularidades rasas, porém não visíveis no grupo controle. Para a cerâmica Procera o jateamento produziu uma superfície lisa. Para as cerâmicas In-Ceram Alumina e In-Ceram Zircônia o jateamento não alterou a superfície. Quanto a aplicação do ácido hidrofúorídrico, para a cerâmica IPS Empress 2, o ácido a 10% produziu cristais alongados e espalhados com irregularidades superficiais, para as cerâmicas Empress e CergoGold. O ataque ácido produziu uma estrutura semelhante a favo de mel, já nas cerâmicas In-Ceram Alumina, In-Ceram Zirconia, e Procera não ocorreram alterações na superfície. Concluíram que os tratamentos realizados causaram alterações significantes apenas na superfície da cerâmica IPS Empress, IPS Empress 2 e CergoGold.

Spohr et al. (2003) avaliaram os efeitos de diferentes tratamentos de superfície entre a cerâmica IPS Empress 2 (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) e o cimento resinoso Rely X (3M ESPE) com e sem a aplicação de silano. 120 discos de cerâmica foram confeccionados, incluídos em resina acrílica e divididos aleatoriamente em 6 grupos: 1-

jateamento com óxido de alumínio (100 µm) sem aplicação de silano; 2- jateamento com óxido de alumínio (100 µm) com aplicação de silano; 3- jateamento com óxido de alumínio (50 µm) sem aplicação de silano; 4- jateamento com óxido de alumínio (50 µm) com aplicação de silano; 5- condicionamento com ácido hidrófluídrico 10% sem aplicação de silano; 6- condicionamento com ácido hidrófluídrico 20% com aplicação de silano. Os discos foram cimentados aos pares com cimento resinoso. Todos os espécimes foram armazenados em água destilada por 24 horas, depois termocilados e submetidos ao ensaio de macrotração. Como conclusão obtiveram que o condicionamento com ácido hidrófluídrico 10% associado a aplicação do silano aumentou a resistência adesiva entre a cerâmica e o cimento resinoso. Todos os grupos submetidos a aplicação do silano mostraram melhores resultados, e dentre os tratamentos de superfície o condicionamento com ácido hidrófluídrico com ou sem associação ao silano mostrou-se mais eficiente.

Esquivel-Upshaw et al. (2004) testaram a hipótese de que próteses parciais fixas de 3 elementos para a região posterior, confeccionadas em cerâmica de di-silicato de lítio (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) resistem adequadamente à fraturas quando fabricadas com conectores menores com tamanho mínimo de 4mm. Para a avaliação, 30 estruturas de prótese parcial fixa foram confeccionadas pelo método de injeção. A força máxima oclusal foi medida em cada paciente previamente ao preparo dos dentes, e de acordo com os dados obtidos eram definidas as dimensões dos conectores menores. As próteses foram cimentadas com cimento resinoso (Variolink II, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) ou cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Protec CEM, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein). As próteses foram avaliadas anualmente após a cimentação durante 4 anos utilizando 11 critérios clínicos. Cada prótese foi avaliada por 2 examinadores diferentes e o ranking de cada critério foi feito com notas de 1 (inadequado) a 4 (excelente). As taxas de fratura foram de aproximadamente 3% ao ano,

houve poucas evidências de que a cimentação com cimento de ionômero de vidro reforçado por resina ou cimento resinoso interferiu nas taxas de fratura das próteses. Quatro das 30 próteses realizadas fraturou durante os 4 anos de avaliação, o que representa uma taxa de 86,7% de sucesso. Uma prótese precisou ser substituída devido a presença de cárie no dente pilar, e dentre as próteses fraturadas, duas tinham seus conectores menores com dimensões inferiores a 3mm e uma foi associada a grande força oclusal do paciente. A hipótese testada no estudo foi aceita, pois as próteses fraturadas foram associadas a conectores menores do que 4mm.

Kumbuloglu et al. (2005) avaliaram a resistência de união entre diferentes marcas comerciais de cimento resinoso e a cerâmicas de di-silicato de lítio. Para isso, 5 diferentes cimentos resinosos: Pavavia F (Kurakay), Panavia 21 (Kurakay), Variolink II (IvoclarVivadent), RelyXUnicem (3M ESPE), RelyX ARC (3M ESPE), foram unidos à 100 espécimes de cerâmica de di-silicato de lítio Empress 2 (IvoclarVivadent, Liechtenstein). Metade das amostras unidas foram submetidas à termociclagem (6 000 ciclos) e metade armazenada em água destilada a 37°C, por 24 horas. As amostras foram então submetidas ao teste de cisalhamento e tiveram posteriormente sua superfície observada em microscópio eletrônico de varredura. Os maiores valores de resistência adesiva dentre os grupos não termociclados, foram encontradas nos grupos cimentados com ReLyX ARC, enquanto dentre os submetidos ao envelhecimento, os maiores valores foram obtidos pelo cimento resinoso Variolink II. Os valores mais baixos tanto entre os termociclados quanto os não termociclados, foram encontrados nos grupos referentes ao cimento Panavia 21. A resistência de união demonstrou-se significativamente afetada pela simulação de envelhecimento. Os pesquisadores concluíram que há diferenças significativas entre a resistência adesiva dos diferentes cimentos resinosos à cerâmica de di-silicato de lítio.

Taskonak e Sertgoz (2006), avaliaram a performance clínica de coroas e próteses parciais fixas confeccionadas com a cerâmica

IPS Empress (Ivoclar, Vivadent, Liechtenstein) por um período de 2 anos. Vinte coroas totalmente em cerâmica e 20 próteses fixas de 3 elementos foram instaladas em 15 pacientes. A superfície interna das restaurações foi condicionada com ácido hidrófluorídrico a 5% por 60 s e silanizadas (Monobond S, IvoclarVivadent, Liechtenstein). As peças foram cimentadas com cimento resinoso (Variolink II, IvoclarVivadent, Liechtenstein). Para avaliar a qualidade das restaurações foi utilizado o Critério de Saúde Pública dos Estados Unidos, onde são observados sensibilidade pós operatória, cor, forma anatômica, adaptação marginal, presença de cáries e textura da superfície. As restaurações foram avaliadas em 3 períodos: 2 dias após a cimentação e após 1 e 2 anos. Para análise estatística foi utilizado o teste de Kaplan-Meier, e como resultados observaram que 50% das próteses parciais fixas e 100% das coroas, estavam satisfatórias após 2 anos. As coroas não apresentaram fraturas ou incidência de cárie, porém houveram mudanças anatômicas, desadaptação marginal, alteração na cor e textura de superfície. Como conclusão obtiveram que as coroas de Empress 2 tem performance clínica satisfatória, entretanto, para prótese parciais fixas existe alta tendência de fratura nas regiões de conectores.

Heintze et al. (2008) avaliaram a frequência das falhas de coroas para molares confeccionadas com dois sistemas cerâmicos à base de di-silicato de lítio (IPS Empress e uma cerâmica experimental com alta translucência), variando o perfil de aplicação de carga (dinâmica ou estática; 100N, variação de 40-100-40N ou 40-60-80-100N), o agente cimentante (cimento resinoso ou cimento a base de ionômero de vidro) e o perfil de aplicação da força (sinusoidal ou retangular). Os pilares foram confeccionados de polimetilmetacrilato, com forma de um preparo para coroa total com término em chanfro de 0,5 mm e convergência de 6°. As coroas cerâmicas foram fabricadas pela técnica da prensagem, e antes da cimentação, foram condicionadas com HF a 4,5% e silanizadas (Monobond S, IvoclarVivadent). A cimentação foi realizada com cimento resinoso

(Variolink II, IvoclarVivadent) ou com cimento de ionômero de vidro (Vivaglass PF, IvoclarVivadent). As coroas, ao final de cada 100.000 ciclos de aplicação de carga, eram submetidas à análise em estereomicroscópio para busca de traços de fratura. Os valores de resistência a fratura obtidos pelo teste estático foram submetidos à análise de Weibull. Só foram observadas fraturas no teste dinâmico nas coroas de IPS Empress, sendo que nem o perfil da aplicação de carga nem o tipo de agente cimentante tinham relação com a frequência de fraturas. Os valores de resistência a fratura obtidos no teste estático foram maiores e significativos para as coroas de IPS Empress cimentadas com cimento resinoso, quando comparadas as cimentadas com cimento de ionômero de vidro. Concluiu-se que: se coroas cerâmicas forem submetidas a um teste estático, não há necessidade de se fazer um envelhecimento artificial por meio de ciclagem mecânica; não houve diferença de resistência a fratura por teste estático entre as coroas de Empress cimentadas com cimento resinoso e as coroas de cerâmica experimental cimentadas com ionômero de vidro; somente as coroas de Empress, independente da cimentação ou do perfil de aplicação da carga, fraturaram no teste dinâmico; e que os testes dinâmicos devem ser realizados por 2.400.000 ciclos, com perfil sinusoidal a 1 Hz e 100N de carga.

Brackett et al. (2008), avaliaram a hipótese de que a composição e a técnica de confecção influenciam as propriedades biológicas das cerâmicas de di-silicato de lítio. Para isso, foram confeccionados 30 corpos de prova de 5 cerâmicas diferentes, 2 usinadas (uma sem zinco e outra modificada contendo ZnO) e 3 injetadas (1 sem ZnO e 2 modificadas contendo ZnO), que foram colocadas em contato direto com fibroblastos de ratos por 72 horas. A resposta celular foi estimada pelo método MTT. As amostras foram armazenadas em saliva artificial e testadas e tiveram sua toxicidade avaliada após 4 semanas. Após os testes todas as cerâmicas apresentaram um significativo nível de



supressão da atividade mitocondrial (50-70%), mas essa taxa diminuiu para 25-30% na segunda semana, e nas quarta e sexta semanas a taxa caiu para 10-20%. Não houveram diferenças entre os métodos de injeção ou usinagem, porém as cerâmicas que continham ZnO em sua composição, pareciam ter oscilar entre aumentos e quedas na taxa de supressão à atividade mitocondrial. Como conclusão obtiveram que as cerâmicas de di-silicato de lítio não são biologicamente inertes, muitas delas possuem uma citotoxicidade semelhante, independente da técnica utilizada ou de pequenas mudanças em sua composição.

Valenti e Valenti (2009) realizaram um estudo retrospectivo avaliando a performance clínica de restaurações indiretas com cerâmica a base de di-silicato de lítio em dentes anteriores e posteriores por um período de 10 anos. Foram cimentadas 261 coroas de cerâmica (IPS Empress 2, IvoclarVivadent, Liechtenstein) em 146 pacientes. As restaurações foram condicionadas com ácido hidrófluorídrico 5% (Monobond S, IvoclarVivadent, Liechtenstein) por 60 s e cimentadas com cimento resinoso. Os dados armazenados foram analisados pelo teste de Kaplan-Meier. A avaliação clínica adotou os critérios da California Dental Association (CDA). Os resultados mostraram que 6 coroas falharam e foram substituídas (2 por lascamento e 2 por fratura). A taxa de sucesso global foi de 95,5%. Concluíram que as restaurações a base de di-silicato de lítio apresentam baixo índice de falhas após período de 120 meses.

Wolfart et al. (2009) avaliaram os resultados de próteses fixas de 3 elementos confeccionadas com cerâmicas de di-silicato de lítio (IPS e.max Press, IvoclarVivadent, Liechtenstein). Trinta e seis próteses parciais fixas foram cimentadas em 28 pacientes, sendo que 16% eram na região anterior e 84% na região posterior da arcada dental. Todos os dentes foram preparados seguindo um mesmo protocolo. As dimensões dos conectores proximais foram de 12mm<sup>2</sup> (anterior) e 16 mm<sup>2</sup> (posterior). Dezenove próteses (margem do preparo > 0.5mm subgengival) foram

cimentadas com cimento de ionômero de vidro (Ketac Cem, 3M Espe) e 17 com cimento resinoso Variolink II (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein). Os parâmetros de profundidade de sondagem, índice de placa, sangramento à sondagem, e vitalidade do dente foram avaliados após 6 meses e depois anualmente por 8 anos. Durante esse período, 3 pacientes abandonaram a pesquisa, 2 próteses em 2 pacientes tiveram que ser substituídas devido à fraturas, sendo ambas cimentadas com cimento resinoso (6%). Segundo o teste estatístico de Kaplan-Meier, sendo que 93% das próteses resistiram a avaliação de 8 anos. O lascamento da cerâmica de cobertura ocorreu em 2 próteses (6%), sendo uma cimentada com cada cimento testado, 2 pilares de 2 restaurações diferentes precisaram ser tratados endodonticamente, sendo uma cimentada com cimento convencional e outra com cimento resinoso (3%) e 2 próteses precisaram ser cimentadas novamente (ambas cimentadas com cimento de ionômero de vidro). Não houveram diferenças significativas entre os parâmetros de saúde periodontal dos dentes envolvidos na pesquisa e os dentes controle. As próteses de di-silicato de lítio apresentaram-se satisfatórias clinicamente durante o período de avaliação tanto com o método de cimentação convencional, como com a cimentação adesiva.

Zortuk et al. (2009) avaliaram a influência de dessensibilizante, desinfetante, saliva, sangue e peróxido de hidrogênio na resistência de união entre cimento resinoso e cerâmica e cimento resinoso e dentina. Para isso, 60 amostras de cerâmica de di-silicato de lítio (IPS E.max Press, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), foram confeccionadas para posterior cimentação a 60 blocos de dentina fresca obtidas a partir de terceiros molares recém extraídos. Ambos foram aleatoriamente divididos em 6 grupos (n=10): 1- controle (nenhuma alteração); 2- dessensibilizante Clinpro White Varnishdesensitizer (3M ESPE, St. Paul, MN, USA); 3- desinfetante (Farhex, 2% 1 ml); 4- saliva; 5- sangue humano (doador único); 6- peróxido de hidrogênio. Os espécimes foram cimentados a blocos de dentina com cimento resinoso de presa dual (ClearfilEstheticCement,

Kuraray, Tokyo, Japan) e então armazenados por 24 horas a 37°C em água destilada. Em seguida foram termociclados por 6000 ciclos entre 5°C ± 55°C por 4,5 dias. Os espécimes foram submetidos a teste de tração até o momento da falha e os dados obtidos analisados estatisticamente pelos testes de Kruskal-Wallis e Dunn. Os resultados obtidos os levaram a concluir que houve diferença significativa entre o grupo controle e os grupos saliva, sangue e peróxido de hidrogênio. Entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre nenhum dos outros tratamentos de superfície de dentina, sugerindo que somente saliva, sangue e peróxido de hidrogênio influenciaram a resistência de união entre dentina e cerâmica de di-silicato de lítio.

Etman e Woolford (2010) avaliaram e compararam a performance clínica de coroas cerâmicas e metalocerâmicas utilizando os Critérios de Saúde Pública dos Estados Unidos. Para o estudo 90 dentes posteriores que necessitavam de coroas totais em 48 pacientes foram divididos em 3 grupos (n=30): G1: *coping* de cerâmica (Procera, Nobel Biocare) e cerâmica feldspática como cerâmica de cobertura (AllCeram, DeguDent GmbH, Hanau-Wolfgang, Germany); G2: infraestrutura metálica (Simidur S2, Wieland Dental GmbH, Pforzheim, Germany) coberta por cerâmica feldspática (IPS Classic, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein); G3: coroas totalmente em cerâmica de di-silicato de lítio (IPS e.max Press, IvoclarVivadent, Liechtenstein). As coroas tiveram suas superfícies tratadas de acordo com as recomendações do fabricante e foram cimentadas com cimento resinoso (Panavia F, Kuraray). As restaurações foram avaliadas por 3 anos. Durante esse período foi necessária a substituição de 2 das 90 coroas, sendo uma de Procera All Ceram e uma de IPS e.max Press. A longevidade estimada desses dois sistemas foi de 96.6%. Já para as coroas metalocerâmicas, a longevidade foi de 100%, com um caso de fratura de cerâmica de cobertura. Concluíram que as coroas IPS e.max Press tem performance clínica semelhante às coroas Procera AllCeram e coras metalocerâmicas, porém a resistência ao

desgaste desse tipo de coroa demonstrou superioridade quando comparada à Procera AllCeram.

Fasbinder et al. (2010) realizaram um estudo não randomizado, longitudinal clínico, para avaliar o desempenho clínico de 23 coroas de di-silicato de lítio (IPS e.max CAD, IvoclarVivadent) cimentadas com um cimento resinoso auto-adesivo dual (MultilinkAutomix, IvoclarVivadent) ou 39 coroas cimentadas com um cimento experimental resinoso auto-adesivo dual (IvoclarVivadent). Os dentes foram preparados para coroa total com redução oclusal de, no mínimo 2 mm das cúspides funcionais, e 1,5 mm das cúspides não funcionais. No sulco central foi feita redução de no mínimo 1,2 mm, e o término cervical foi em ombro. Quando o dente apresentava grande perda de estrutura, eram confeccionados núcleos de preenchimento em resina composta. Os preparos dentários foram escaneados, e as coroas foram condicionadas com ácido HF a 4.9% por 20 s, lavadas e silanizadas (Monobond S, IvoclarVivadent). Os dentes também foram tratados antes da cimentação, de acordo com as instruções do fabricante. As avaliações foram feitas, de acordo com o Critério de Saúde Pública dos Estados Unidos, depois de seis meses, um ano e dois anos, por dois examinadores. Não houve fratura das coroas cerâmicas durante o período de avaliação, porém duas coroas perderam a retenção quando foram cimentadas com o cimento experimental. Concluiu-se que não houve fraturas ou lascamentos das coroas. Além disso, não houve sensibilidade pós-operatória nas avaliações após um e dois anos. As coroas de di-silicato de lítio confeccionadas por meio do sistema CAD/CAM demonstraram ser satisfatórias após dois anos de utilização clínica.

Freitas Jr. et al. (2011) avaliaram, através do método de elemento finito a distribuição de tensões internas em facetas laminadas e coroas totais de dois diferentes materiais (di-silicato de lítio e óxido de alumínio densamente sinterizado). Para isso, 6 modelos bidimensionais de incisivo central foram confeccionados no programa computacional AutoCad 2006, variando o tipo de preparo entre laminados e coroas totais e o

material restaurador entre di-silicato de lítio (IPS Empress, IPS EmpressEsthetic, IPS e.max Press) e óxido de alumínio densamente sinterizado (Procera AllCeram). Duas áreas de carga diferentes foram determinadas (50N): na face palatina, com 45° de inclinação em relação ao longo eixo do dente, simulando uma oclusão Classe I de Angle; e carregamento incisal, simulando a posição de topo-a-topo entre incisivos. Um modelo de incisivo central íntegro foi utilizado como controle. Foi adotado o critério das tensões equivalentes de von Mises para a análise dos resultados, além de tensão principal para análise numérica (Ansys 10.0). As restaurações em di-silicato de lítio e óxido de alumínio densamente sinterizado demonstraram aumento de tensão nas estruturas de suporte quando utilizados os critérios de tensões equivalentes de von Mises e tensão principal quando comparadas aos dentes naturais não restaurados.

Barreto et al. (2012) relataram um caso clínico demonstrando o restabelecimento funcional e estético de dentes anteriores utilizando cerâmica de di-silicato de lítio (IPS e.max, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein). O paciente apresentava escurecimento dos incisivos 11 e 12, que possuíam tratamento endodôntico satisfatório, restaurações classe IV em resina composta nos mesmos dentes, e o dente 12 apresentava-se vestibularizado e desalinhado com relação aos demais. O paciente estava em condição de ausência da guia canina e incisiva. O plano de tratamentos consistiu no clareamento externo pelo método caseiro, clareamento interno do dente 12, restabelecimento das guias anterior e canina. Após o clareamento foi realizada a confecção de coroa total no dente 11, facetas laminadas nos dentes 12, 21, 22, e restaurações em resina composta nos dentes 13 e 23. Após o término satisfatório do tratamentos, os operadores relataram que a cerâmica de di-silicato de lítio apresenta uma ótima estética, e que a integração de vários procedimentos e especialidades foi essencial para a obtenção de um excelente resultado estético e funcional.

Marinho (2012) avaliou a resistência à fratura de coroas cerâmicas a base de di-silicato de lítio (IPS e.max CAD) neutralizadas pelo precipitado de ácido hidrofúorídrico (HF) e associada ao banho ultrassônico e envelhecimento por ciclagem mecânica. Quarenta molares humanos receberam preparo convencional para coroa total após terem sido incluídas em poliuretano para simulação do ligamento periodontal. Foi realizado o escaneamento digital dos preparos e os blocos metálicos foram usinados pelo sistema CAD/CAM para obtenção das coroas. Os tratamentos de superfície foram realizados conforme descrito a seguir: G1 e G3 – HF + silano; G2 e G4 – HF + neutralização do precipitado do ácido hidrofúorídrico+ banho ultrassônico+ silano. As coroas foram cimentadas com cimento resinoso dual e os espécimes dos grupos 3 e 4 foram submetidos a ciclagem termomecânica a  $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 55\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 60 s, por 1.200.000 ciclos mecânicos de 4 Hz com carga de 100N. As amostras foram submetidas a ensaio de compressão, no centro da face oclusal das coroas até a fratura. Em MEV foi feita a análise do tipo de fraturas e os dados de resistência a compressão foram submetidos ao teste estatístico de análise de variância dois fatores. Os resultados mostram que não houve diferença estatística entre os grupos. A maioria das falhas foi associada a fratura do remanescente dentário, com origem na superfície de cimentação. Concluiu que a resistência à fratura de coroas cerâmicas não é influenciada pela associação entre neutralização e banho ultrassônico e que a ciclagem termomecânica não levou a fragilização da cerâmica.

Solá-Ruiz et al. (2013) apresentaram o resultado de um estudo clínico decorrente da cimentação de próteses fixas de 3 elementos acompanhadas por um período de 10 anos. Vinte e uma próteses de cerâmica de di-silicato de lítio (IPS Empress 2, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) foram cimentadas em 19 pacientes para a substituição de dentes perdidos na área estética, seguido de um protocolo de análise que envolvia aspectos clínicos, radiológicos e estéticos. Cada paciente foi

analisado 1 semana, 6 meses e anualmente até completar 10 anos após a cimentação (Variolink, IvoclarVivadent, Liechtenstein). A análise estatística foi realizada pelo teste de Kaplan-Meier. Dezenove pacientes (14.3%) apresentaram sensibilidade pós-operatória reversível, houve recessão gengival em 24% dos casos e 7,1% apresentaram descoloração marginal. O tratamento não aumentou as taxas de sangramento ou índice de placa dentária e não houveram casos de cárie secundária. A taxa de sucesso das restaurações no período de 10 anos foi de 71,4%; 6 próteses fraturaram e 1 precisou ser cimentada novamente. A taxa de falha foi de 28,6% após 10 anos, sendo que dentre essas, a maior parte das falhas ocorreu nos conectores e durante os 5 primeiros anos. Os autores concluíram que a cerâmica a base de di-silicato de lítio apresenta um maior risco de fraturas quando comparada com tratamentos convencionais como metalocerâmicas ou outros materiais cerâmicos disponíveis no mercado. O prognóstico é melhor para casos de classe I e pacientes sem hábitos parafuncionais.

## **2.2. Técnicas e tratamentos na superfície cerâmica**

Barghi et al. (2000) examinaram os efeitos de intervalos de tempo após a silanização e da secagem do silano com ar quente na resistência de união entre resina composta e cerâmica (Vita VMK 68 Vita Zahnfabrik, BeadSackingen, Germany). Foram utilizados 180 espécimes de cerâmica, aleatoriamente divididos em seis grupo. Foram testados um silano experimental (A174 silano) e três comerciais sendo dois de frasco único (Silanit e Scotchbond ceramic primer) e um de dois frascos (Mirage) e no grupo controle não foi empregado o silano. Em um grupo com silano experimental e um grupo do silanoMirage foi utilizado secagem com ar

quente a 60°C por 60 min. Três intervalos de pós silanização foram programados. Após incubação uma resina composta de presa dual (Mirage FLC) foi colocada na superfície silanizada e fotopolimerizada. Todos os espécimes foram armazenados a 37°C em solução salina a 2%, por uma semana e submetidos ao teste de cisalhamento com velocidade de 5 mm por min. Os dados foram submetidos aos testes de ANOVA e Scheffe com intervalo de confiança de 95%. Os resultados médios de resistência de união variaram de 2.8 a 23.3 MPa. Todos os grupos mostraram aumento significativo na resistência de união quando comparados ao controle, nos intervalos de 3 min, 24 horas e uma semana. Nos grupos com secagem com ar quente houve um aumento na resistência de união. Concluíram que a resistência de união da resina composta à cerâmica resultante da silanização aumentou após a secagem do silano com ar quente e durante os intervalos de pós silanização; a resistência de união variou entre os diferentes sistemas de silano testados, especialmente nos de frasco único.

Nagai et al. (2005) avaliaram a resistência adesiva de cerâmicas de di-silicato de lítio aos cimentos resinosos. Para isso, foram confeccionados 240 pares de espécimes em formato de disco em 2 tamanhos diferentes - 7 e 5 mm de diâmetro (IPS Empress 2, IvoclarVivadent, Liechtenstein), e cada par de discos foi dividido inicialmente em 3 grupos (n=80): 1- ácido fosfórico; 2- ácido fluorídrico; 3- abrasão com partículas de alumina. Os grupos foram então subdivididos em 4 sub-grupos: 1- cimentação com Variolink II (IvoclarVivadent, Liechtenstein); 2- Aplicação de silano Monobond Plus S (IvoclarVivadent, Liechtenstein) e cimentação com Variolink II; 3- Cimentação com Super-Bond (Sun Medical Co.,Ltd., Moriyama, Japan); 4- Silanização com Porcelain Liner M. A resistência adesiva foi testada antes e depois de termociclagem (100 000 ciclos), e apresentou resultados variando de 10.6 a 71.5 MPa, antes da termociclagem e 0 a 61.2 após a simulação de envelhecimento. Dentre os 3 preparos de superfície, o ácido hidrófluorídrico foi o mais efetivo para os dois cimentos testados, principalmente entre os



não silanizados. A aplicação de silano aumentou a resistência de união com o cimento para todos os tratamentos de superfície testados. O estudo concluiu que para ambos os cimentos resinosos testados, o método mais resistente e durável para restaurações na cerâmica de di-silicato de lítio testada é a aplicação de ácido fluorídrico e silano.

Ozcan et al. (2008) avaliaram o efeito de diferentes tratamentos de superfície na cerâmica Y-TZP (Lava, 3M ESPE) na resistência adesiva a um cimento resinoso dual contendo MDP após termociclagem. Discos de Y-TZP (15 mm x 2 mm) foram confeccionados, polidos em lixas d'água e submetidos ao banho sônico por 3 min. Após, foram divididos aleatoriamente em 4 grupos (n=10) de acordo com o tratamento de superfície: (1) jateamento com partículas de óxido de alumínio 50  $\mu\text{m}$  + Alloy Primer (Kuraray); (2) jateamento com partículas de óxido de alumínio 50  $\mu\text{m}$  + Cesead II Opaque Primer (Kuraray); (3) jateamento com partículas de óxido de alumínio 50  $\mu\text{m}$  + Silano-Pen + Haftvermittler (Bredent); (4) jateamento com partículas de óxido de alumínio revestida por sílica 110  $\mu\text{m}$  (Rocatec) + ESPE-Sil. O cimento resinoso foi manipulado e realizada a inserção com auxílio de um molde de polietileno. A fotopolimerização foi realizada por 40 s, o molde foi retirado e realizada a aplicação da barreira hidrosolúvel Oxyguard II (Kuraray) em toda margem por 3 min. Todos os espécimes foram termociclados (5 - 550 C, 6.000 ciclos) e submetidos a teste de resistência de união ao cisalhamento (1 mm/min) em uma máquina de ensaio universal. Não foram encontradas diferenças significativas entre os quatro grupos ( $8,43 \pm 1,3$ ;  $8,98 \pm 3,6$ ;  $12,02 \pm 6,7$  e  $8,23 \pm 3,8$  MPa) ( $p = 0,1357$ ). Portanto, o desempenho dos métodos utilizados em laboratório (Rocatec) e os métodos utilizados em consultório (jateamento com óxido de alumínio) não tiveram diferença após termociclagem.

Cavalcanti et al. (2009) avaliaram a influência do tratamento de superfície e metal primer sobre a resistência de união entre cimento resinoso e zircônia tetragonal estabilizada por ítrio (Y-TZP). Para

isso 240 amostras de cerâmica Y-TZP foram aleatoriamente divididas em 24 grupos de acordo com a combinação do tratamento de superfície: controle, jateamento com partículas de óxido de alumínio, irradiação com laser de Er:YAG, metal primer e cimento resinoso a base de Bis-GMA ou Panavia F2.0. Fragmentos de dentina foram cimentados à superfície cerâmica com cimento resinoso. O teste de microtração foi realizado a velocidade de 1mm/min até a falha e a superfície da cerâmica foi avaliada em microscópio óptico para determinar o tipo de fratura. Os dados foram submetidos aos testes ANOVA três fatores e Tukey com 5% de significância. Em MEV foi avaliada a morfologia das superfícies tratadas. Os resultados mostraram que os tratamentos de superfície resultam em alterações significativas na topografia da cerâmica Y-TZP. Concluíram que o jateamento com óxido de alumínio resultou em aumento da resistência de união para ambos os cimentos; na irradiação com os lasers e jateamento mostraram maior resistência de união para o cimento a base de Bis-GMA; no grupo controle ambos os cimentos apresentaram comportamento semelhante; os primers de metal apresentaram aumento significativo na resistência de união, independente do tratamento de superfície ou cimento resinoso utilizado; falhas adesivas foram as mais prevalentes.

Fabianelli et al. (2010) testaram o efeito de diferentes tratamentos de superfície em cerâmicas vítreas reforçadas por leucita na resistência de união entre cerâmica e cimento resinoso. Para isso, 24 espécimes de cerâmica foram aleatoriamente divididos em quatro grupos (n=6) conforme o tratamento a que seriam submetidos, como descrito a seguir: G1: condicionamento com ácido fosfórico (UltradentPorcelainEtch 9,5% Buffered, UltradentProducts, South Jordan, UT) por 1 min, lavagem por 1 min, secagem por 1 min, aplicação do silano (Monobond S, IvoclarVivadent, Schaan, Liechtenstein) e secagem com ar seco por 30 s; G2: aplicação do silano por 1 min e secagem por 30 s; G3: tratamento semelhante ao do grupo G1, porém o silano foi seco com jato de ar quente

(100°C) por 1 min; G4: o silano foi aplicado por 1 min e seco com jato de ar quente (100°C) por 1 min. Os espécimes foram cimentados a blocos de resina composta (TetricEvoCeram, IvoclarVivadent, Schaan, Liechtenstein) com cimento resinoso (D/E Resin, Bisco, Schaumburg, IL, USA), cortados em palitos e submetidos ao teste de microtração. Os dados obtidos foram submetidos aos testes de Kruskal-Wallis e Dunn e os resultados encontrados revelaram que a secagem do silano com ar quente aumentou significativamente a resistência de união da cerâmica, revelando melhores resultados quando realizada isoladamente do que em conjunto com a aplicação do ácido hidrofúorídrico.

Kara et al. (2010) avaliaram a influência dos tratamentos com jateamento com óxido de alumínio, condicionamento com ácido fluorídrico e irradiação com laser na rugosidade de superfície de cerâmicas a base de disilicato de lítio. Quarenta discos de cerâmica (IPS Empress 2, IvoclarVivadent, Liechtenstein) foram fabricados com as medidas de 10mm de diâmetro e 1 mm de espessura. Os espécimes foram divididos em quatro grupos (n=10), e os seguintes tratamentos foram aplicados: G1- abrasão com óxido de alumínio 50 µm, G2- condicionamento com ácido hidrofúorídrico a 5 %, G3- irradiação com laser Nd:YAG (1mm de distância, 100mJ, 20 Hz, 2 W), G4 – irradiação com laser Er:YAG ((1mm de distância, 500mJ, 20 Hz, 10 W). A rugosidade de superfície foi avaliada com o uso de perfilômetro e os espécimes foram examinados com microscópio de força atômica. Os dados foram analisados pelos testes estatísticos ANOVA um fator e Tukey HSP ( $\alpha=0.05$ ) e os resultados demonstraram que a rugosidade de superfície no grupo submetido a abrasão com óxido de alumínio foi significativamente diferente da obtida com irradiação a laser e condicionamento adesivo. Não houve diferença significativa entre o condicionamento ácido e a irradiação com ambos os lasers. O jateamento aumentou a rugosidade de superfície da cerâmica mais efetivamente que o condicionamento ácido e irradiação com laser.

Akin et al. (2011) avaliaram o efeito de diferentes tratamentos de superfície na resistência de união de cerâmica de zircônia. Cento e vinte terceiros molares humanos foram embutidos em anéis de metal com resina acrílica e armazenados em água destilada a 37°C. Cento e vinte discos de zircônia foram fabricados e aleatoriamente divididos em seis grupos (n=20): G1- controle, sem tratamento de superfície; G2- jateamento com oxido de alumínio; G3- irradiação com laser de Er:YAG; G4- irradiação com laser de Nd:YAG com contato; G5- irradiação com laser de Nd:YAG sem contato; G6 irradiação com laser de CO<sup>2</sup>. Os discos foram cimentados à dentina com cimento resinoso dual (Variolink). Os espécimes foram então armazenados em água destilada a 37°C por 24h e submetidos ao teste de cisalhamento com velocidade de 1mm/min. As fraturas foram examinadas com estereomicroscópio. Como resultados não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos 1 e 2 ou entre os grupos 3, 4 e 5. A menor resistência ao cisalhamento foi encontrada no grupo 6 e a mais alta no grupo 4, seguida pelo grupo 3. A falha adesiva foi predominante nos grupos 2, 3, 5 e 6. Nos grupos 1 e 4 houve maior número de falhas mistas. O estudo mostrou que tratamento com lasers de Nd:YAG e Er:YAG aumentaram a resistência de união da zircônia quando comparados ao jateamento e tratamento com laser de CO<sup>2</sup>.

Foxton et al. (2011) avaliaram a durabilidade da adesividade entre um cimento resinoso de presa dual à cerâmicas de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e óxido de zircônia após tratamento de superfície com jateamento de óxido de alumínio e irradiação por laser Er:YAG. Para isso, 120 espécimes de cerâmica a base de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e zircônia foram divididos em três grupos e tiveram suas superfícies tratadas como descrito a seguir: 1- grupo controle (nenhum tratamento); 2- Jateamento com partículas de óxido de alumínio; 3- irradiação com laser Er:YAG (200 mJ). Cada grupo teve metade de seus espécimes silanizados com Clearfil Ceramic Primer (Kuraray Medical Incorporated, Tokyo, Japan) e cimentados com cimento resinoso Clearfil

Esthetic Cement (Kuraray Medical Incorporated, Tokyo, Japan) e a metade restante foi silanizada com Monobond S (IvoclarVivadent, Liechtenstein) e cimentada com o cimento resinoso Variolink II (IvoclarVivadent, Liechtenstein). Todos os grupos foram fotopolimerizados por 20 s. Metade dos espécimes foram armazenados por 24 horas e metade por 6 meses em água destilada a 37°C, e então foi realizado o teste de cisalhamento a uma velocidade de 1mm/min. A morfologia da superfície foi visualizada com um microscópio confocal e o tipo de falha observada com a ajuda de um microscópio óptico. Os dados foram submetidos ao teste não paramétrico de Kaplan-Meier. Como conclusão obtiveram que o tratamento da superfície de zircônia com laser Er:YAG não resultou em uma união durável entre cimento e cerâmica; entretanto, uma união duradoura entre cimento de presa dual e cerâmicas de alumina e zircônia foi obtida usando-se um silano que contenha MDP, sem que se faça necessário nenhum outro tratamento de superfície.

Akyil et al. (2011) avaliaram a resistência a microtração de um cimento resinoso a cerâmica feldspática (Ceramco, U.S.A), após tratamento de superfície com ácido hidrófluorídrico (PorcelainEtchant, Bisco Inc., U.S.A.), jateamento com óxido de alumínio, irradiação com laser Er:YAG (DoctorSmileerbiumanddiode laser, Lambda ScientificaS.p.a., Italy), irradiação com laser Nd:YAG(Smarty A10, DEKA, Italy), e aplicação de ácido Hidrófluorídrico, após irradiação com lasers ou jateamento. Para a realização dos testes, 40 blocos de cerâmica feldspática foram confeccionados e divididos aleatoriamente em 8 grupos (n=5) de acordo com o tratamento de superfície ao qual seriam submetidos: 1- nenhum tratamento; 2- condicionamento com ácido hidrófluorídrico a 9,5%; 3- jateamento com partículas de 50µm de óxido de alumínio; 4- irradiação com laser Er:YAG; 5- irradiação com laser Nd:YAG; 6- jateamento com óxido de alumínio e condicionamento com ácido hidrófluorídrico; 7- irradiação com laser Er:YAG e condicionamento com ácido hidrófluorídrico; 8- irradiação

com laser Nd:YAG e condicionamento com ácido hidrófluorídrico. Após os tratamentos, as superfícies foram silanizadas (ClearfilCeramic Primer, Kuraray) e sobre elas foi aplicado cimento resinoso (Panavia F<sub>TM</sub>). Após armazenamento por 24h a 37 °C e termociclagem entre 5 °C e 55 °C por 1000 ciclos, a resistência a microtração de cada espécime foi medida. Como conclusão obtiveram que o tratamento de superfície com ácido fluorídrico é o mais efetivo método para as cerâmicas feldspáticas. Entretanto, a irradiação com laser Er:YAG e Nd:YAG não demonstraram ser tratamentos adequados para aumentar a resistência de união do cimento resinoso Panavia F.

Carvalho et al (2011) estudaram a influência do aquecimento do silano (ClearfilCeramic Primer, Kuraray Medical Inc, Okayama, Japan) na micro-resistência de união entre cimento resinoso e cerâmica feldspática (Vita VM7 Vita Zahnfabrik, BadSackingen, Germany). Trinta e dois blocos de resina composta e 32 blocos de cerâmica foram divididos em quatro grupos (n=8), sendo seis para o teste de resistência a adesão e duas amostras para avaliação em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Os grupos foram submetidos aos seguintes tratamentos: G1- ácido hidrófluorídrico 9,6% (Porcelain Conditioner, Dentsply, Rio de Janeiro, Brasil), silano e Panavia F2.0; G2- ácido hidrófluorídrico 9,6%, silano com secagem com ar quente (100<sup>0</sup>C por 2 min) e Panavia F2.0; G3- silano com secagem com ar quente (100<sup>0</sup>C por 2 min) e Panavia F2.0; G4- silano e Panavia F2.0. Os dados foram submetidos aos testes estatísticos ANOVA a dois fatores e Tukey. Os resultados mostraram que a secagem do silano com ar quente não aumenta a resistência de união do cimento Panavia F2.0; G1 e G2 mostraram aumento significativo na resistência de união quando comparados aos G3 e G4; a análise em MEV mostrou exclusivamente falhas mistas.

Dilber et al. (2012) avaliaram os efeitos de vários tratamentos de superfície em 1 sistema de cerâmica a base de di-silicato de lítio (Empress 2, IvoclarVivadent, Liechtenstein), e uma cerâmica

feldspática (Vita VM9, Germany). Para isso, 50 discos de cada cerâmica foram confeccionados, tiveram suas superfícies polidas com discos de lixa e tiveram sua rugosidade superficial mensurada. Os espécimes foram então divididos em 5 grupos (n=10) e submetidos a um dos seguintes tratamentos: 1- grupo controle, não sofreu nenhum tipo de tratamento; 2- jateamento com óxido de alumínio 50µm a 10mm de distância por 20seg. 3- tratamento semelhante ao grupo 2 + aplicação de laser Er:YAG (Fotona; At Fidelis, Ljubljana, Slovenia) a 1mm de distância, 500mJ, 10W, 20Hz; 4- Condicionamento com ácido hidrófluorídrico 5% por 20 s + aplicação de laser Er:YAG; 5- Aplicação de laser Er:YAG; 6- Condicionamento com ácido hidrófluorídrico 5%. Após o tratamentos as rugosidades superficiais foram novamente mensuradas e as superfícies visualizadas em microscópio de força atômica. Como resultado obtiveram que os grupos que tiveram suas superfícies tratadas com jateamento com óxido de alumínio e jateamento com óxido de alumínio + aplicação de laser Er:YAG apresentaram maior rugosidade superficial, enquanto os grupos tratados com condicionamento com ácido hidrófluorídrico, laser de Er:YAG e ácido hidrófluorídrico + laser Er:YAG, não apresentaram diferenças significativas entre si.

Usumez et al. (2012) avaliaram a influência de tratamentos de superfície entre cimentos resinosos e cerâmica retangular estabilizada por ítrio (Y-TZP). Para isso, 75 amostras cerâmica Y-TZP foram aleatoriamente divididos em 5 grupos (n=15) de acordo com o tratamento de superfície ao qual seriam submetidos, como descrito a seguir: G1: abrasão com partículas de óxido de alumínio; G2: irradiação com laser Nd:YAG (Fidelis Plus 3, Fotona; 2 W, 200 mJ, 10 Hz) com pulsações diferentes 180 e 320 µs; G3: aplicação de glaze; G4: condicionamento com ácido hidrófluorídrico 9,5%; e G5: grupo controle. Um espécime aleatório de cada grupo foi usado para análise em microscópio eletrônico de varredura e os demais tiveram sua rugosidade superficial analisada por um perfilômetro. Um cilindro de cimento resinoso foi confeccionado em cada amostra de cerâmica, usando o cimento resinoso (ClearfilEstheticCement,

Kuraray, Japão). A resistência de união de cada amostra foi mensurada por teste de cisalhamento, feito em máquina de ensaios mecânicos universal, com velocidade de 1mm/min. Os dados adesivos foram analisados estatisticamente pelos testes de ANOVA 1 fator e Tukey, e os resultados obtidos demonstraram que os tratamentos de superfície modificaram significativamente a topografia da cerâmica Y-TZP. A irradiação com laser Nd:YAG resultou em aumento na rugosidade de superfície e resistência de união entre a cerâmica e o cimento resinoso. Os maiores resultados de rugosidade de superfície e resistência de união foram encontradas na irradiação com laser de Nd:YAG com pulsação de 180µs. A irradiação com laser Nd:YAG aumentou tanto a rugosidade de superfície da cerâmica Y-TZP quanto a resistência de união do cimento resinoso a superfície da cerâmica.

Yavuz et al. (2012) avaliaram e compararam o efeito de diferentes tratamentos de superfície na rugosidade de superfície e resistência de união de cerâmica feldspática e a base de di-silicato de lítio. Foram confeccionados 50 discos de cerâmica de di-silicato de lítio (IPS Empress, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) e 50 discos da cerâmica feldspática (Vita VM 9, VITA Zahnfabrik H Rauter GmbH & Co. KG, Bad Sackingen, Germany). Cada grupo de 50 espécimes foi dividido em 5 subgrupos (n=10) conforme os tratamentos a que seriam submetidos: Grupo SB: jateamento com óxido de alumínio (partículas de 50 µm, pressão de 2.8 bars, distância de 10 mm por 20 segundos); Grupo HF: condicionamento com ácido hidrófluorídrico 10% por 1 min no grupo referente a cerâmica de di-silicato de lítio e por 60 s no grupo da cerâmica feldspática; Grupo L: irradiação com laser Er:YAG (500 µJ, 10 W, 20 Hz por 20 s); Grupo SB-L: Os espécimes foram submetidos a tratamento semelhante ao realizado no grupo SB e então irradiados com laser Er:YAG de maneira semelhante ao grupo L; Grupo HF-L: os discos foram submetidos a tratamento semelhante ao realizado no grupo HF, e em seguida a tratamento semelhante ao do grupo HF. Os espécimes com a



superfície tratada foram então silanizados (ClearfilCeramic Primer, Kurakay Medical Inc., Osaka, Japan) e cimentados com cimento resinoso (Panavia F 2.0, Kurakay Medical Inc., Osaka, Japan) segundo as recomendações do fabricante. A fotopolimerização foi realizada por 40 s, e as amostras armazenadas por 24 horas em água destilada. para posterior teste de resistência de união por cisalhamento, utilizando máquina de ensaios mecânicos universais. Os dados obtidos foram submetidos a análise estatística pelos testes ANOVA 2 fatores e Tukey, e os resultados mostraram que para as duas cerâmicas a menor resistência de união foi encontrada nos grupos HF-L e L, enquanto a maior resistência foi obtida com o jateamento com óxido de alumínio seguido da irradiação com laser Er:YAG.

Demir et al. (2012) avaliaram a rugosidade e morfologia da superfície da zircônia (VITA In-Ceram YZ for inLab, VITA Zahnfabrik, BadSackingen, Germany) após jateamento com óxido de alumínio e irradiação com laser de Er:YAG(AT Fidelis Er:YAG, Fotona, Ljubljana, Slovenia) com diferentes intensidades. Como método para a realização do estudo, 50 espécimes de zircônia foram divididos em 5 grupos (n=10), e os seguintes tratamentos foram aplicados: 1- grupo controle (nenhum tratamento de superfície); 2- irradiação com laser Er:YAG com intensidades de 200, 300 e 400 mJ; 3- jateamento com partículas de óxido de alumínio. Alterações morfológicas após os tratamentos de superfície foram analisados microscopicamente. A rugosidade das superfícies dos espécimes foi avaliada usando um rugosímetro. Os dados obtidos foram submetidos a análise estatística usando ANOVA 1 fator e teste de Tukey. De acordo com os resultados estatísticos e análise por microscopia, conclui-se que irradiação com laser Er:YAG com intensidade de 400 mJ ou jateamento com óxido de alumínio podem ser usados para obtenção de maior retenção micromecânica no momento da cimentação. Entretanto, o jateamento de óxido de alumínio demonstrou ser o mais efetivo dentre os tratamentos de superfície testados.

Guarda et al. (2013) avaliaram o efeito de 2 tratamentos de superfície, fadiga e termociclagem, na resistência de união à microtração. Para isso, 18 blocos de cerâmica de di-silicato de lítio foram divididos em 6 grupos de 3 espécimes, e esses subdivididos em grupos 1, 2 e 3 nos quais o tratamento realizado foi jateamento com óxido de alumínio (50 µm), e grupos 4, 5 e 6, em que foi realizado condicionamento com ácido hidrófluorídrico 10% por 1 min (Dentsply, Petrópolis, Brasil). Após os tratamentos os grupos foram enxaguados, limpos em ultrassom e água destilada por 20min, silanizados (RelyXCeramic Primer, 3M ESPE) e unidos com cimento resinoso (RelyX ARC, 3M ESPE) a blocos de resina composta (Tetric N-Ceram, IvovlarVivadent, Liechtenstein), sendo expostos a fotopolimerização por 40 s. Os espécimes foram mantidos em água destilada a 37 °C, por 24 horas. Os grupos 1 e 4 foram considerados grupos controles e sofreram apenas os tratamentos de superfície, os grupos 2 e 5 foram submetidos a 3000 ciclos térmicos entre 5 °C e 55 °C, enquanto os grupos 3 e 6 foram submetidos ao teste de fadiga por 100.000 ciclos com carga de 80 N. Após os procedimentos experimentais os espécimes foram cortados em palitos e submetidos ao teste de microtração (0,5 mm/min), até que ocorresse a fratura. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e teste de Tukey“*post hoc*”, e como resultados encontraram que entre os grupos controle (G1 e G4), o tratamento de superfície com ácido fluorídrico 10% apresentou melhor resistência de união quando comparado ao tratamento com jateamento com óxido de alumínio. Os grupos submetidos aos teste de fadiga e termociclagem tiveram sua resistência de união consideravelmente inferior aos grupos controle, porém não apresentaram diferença significativa entre sí.

Vanderlei et al. (2013) avaliaram o efeito de diferentes tratamentos de superfície em zircônia tetragonal estabilizada por ítrio (Y-TZP) na durabilidade de união e discrepâncias marginais. Para o teste, 144 espécimes de cerâmica (VITA In-Ceram YZ ceramic for InLab) foram

confeccionados e divididos em 6 grupos (n=24), de acordo com o tratamento de superfície: 1- controle (nenhum tipo de tratamento); 2- jateamento com partículas de alumínio revestidas por sílica; 3- vitrificação 1 (Glaze Spray VITA AKZENT), condicionamento com ácido hidrófluorídrico (HF) (1 min); 4- vitrificação 1 (Glaze Spray VITA AKZENT), silicatização; 5- vitrificação 2 - pincel (Glaze VITA AKZENT), condicionamento com HF (1 min); 6- vitrificação 2 (Glaze VITA AKZENT), silicatização. Após todos os tratamentos, as superfícies foram silanizadas por 5 min (ESPE-SIL) e a cimentação com Panavia F (Kuraray) foi realizada. 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). As 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. Constata-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

Gomes et al. (2013) avaliaram os efeitos da termociclagem na resistência adesiva ao microsisalhamento de diferentes cimentos

resinosos autocondicionantes à zircônia utilizando uma cobertura de sílica (Rocatec, 3M) e aplicação de laser Er:YAG como condicionante de superfície. Duzentos e quarenta espécimes de zircônia foram polidos e aleatoriamente divididos em 4 grupos de acordo com o tratamento de superfície aplicado: (1) controle – nenhum tratamento; (2) cobertura com sílica; (3) irradiação com laser Er:YAG – 2.940nm, 200mJ, 10Hz com cobertura de grafite; (4) irradiação com laser Er:YAG seguido de cobertura com sílica. Cada grupo foi dividido em 2 subgrupos de acordo com o cimento resinoso utilizado: (a) BiFix SE; (B) Clearfil SA. Após um período de 24 horas, metade dos espécimes foi ensaiada em máquina de ensaios universais. A outra metade foi armazenada, termociclada (5 000 ciclos) e então, também ensaiada em máquina de ensaios universais para o teste de micro cisalhamento. As falhas foram observadas em microscópio eletrônico de varredura. Os resultados mostraram que antes da termociclagem, ambos os cimentos demonstraram maior resistência ao micro cisalhamento. Após envelhecidos, todos os espécimes cimentados com BiFix tiveram significativa queda na resistência de união, com maior taxa de falhas adesivas. O cimento resinoso Clearfill manteve seus resultados iniciais, porém apresentou melhores resultados melhores quando utilizado com a cobertura de sílica. A termociclagem não afetou negativamente os resultados de micro cisalhamento quando utilizado o cimento resinoso que continha MDP (Clearfill), somado a aplicação de cobertura de sílica, independentemente da irradiação com laser Er:YAG.

Liu et al. (2013) avaliaram os efeitos da irradiação com laser Nd:YAG nas propriedades de superfície e resistência adesiva de zircônia. Duzentos e trinta e um espécimes de cerâmica foram divididos em grupos segundo o tratamento de superfície realizado em grupo controle, abrasão com partículas de alumínio, irradiação com laser Nd:YAG, variando a potência (1,2 ou 3 W) e o tempo de irradiação (30, 60 ou 90 s). Após os tratamentos de superfície, as características morfológicas das cerâmicas foram observadas e suas rugosidades superficiais mensuradas.

Todos os espécimes foram cimentados com cimento resinoso (CLEARFIL SA Cement, KurarayCoLtd, Osaka, Japan) e armazenados em água por 24 horas e então termociclado (20.000 ciclos). A resistência adesiva foi testada em máquina de ensaios universais (InstronBluehill, USA) pelo teste de cisalhamento. Os dados obtidos foram submetidos a análise de Dunnet e ANOVA 1 fator para os testes de rugosidade superficial e resistência adesiva respectivamente. As maiores rugosidades superficiais foram obtidas nas maiores potencias de laser testadas (2 e 3 W). Entretanto, fendas e defeitos também foram encontradas na superfície dessas amostras. A resistência adesiva nos grupos irradiados pelo laser não aumentou, sendo maior no grupo onde houve jateamento. Não houveram diferenças significativas entre as diferentes aplicações de laser. O estudo concluiu que a aplicação de laser Nd:YAG não melhora suas propriedades superficiais e não aumenta a resistência de união da cerâmica ao cimento, além de poder causar falhas e defeitos no material.

### **3 PROPOSIÇÃO**

Avaliar, após a cimentação, a resistência a tração da cerâmica vítrea reforçada por di-silicato de lítio submetida aos seguintes tratamentos de superfície: 1) jateamento com óxido de alumínio; 2) irradiação com laser de Nd:YAG; 3) irradiação com laser de Er:YAG; e a associação destes com revestimento de grafite e secagem do silano com ar quente.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Materiais Utilizados

Os materiais utilizados no presente estudo estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1 – Materiais utilizados no experimento

(continua)

Material	Nome Comercial	Composição	Fabricante
<b>Cerâmica de di-silicato de lítio</b>	IPS E Max Press	Dióxido de silício (SiO <sub>2</sub> ); Óxido de Lítio (Li <sub>2</sub> O); Óxido de alumínio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ); Óxido de Potássio (K <sub>2</sub> O); Óxido de Magnésio (MgO); Óxido de Zinco (ZnO); Pentóxido de Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ); Outros óxidos	IvoclarVivadent, Liechtenstein
<b>Silano</b>	Monobond Plus	Etanol; 3-trimethoxysilylpropyl methacrylate; Methacrylatedphosphoricacidester	IvoclarVivadent, Liechtenstein
<b>Ácido Fluorídrico</b>	Condicionador de Porcelanas	Ácido Fluorídrico 10%	Dentsply DeTrey, GmbH, Germany

Quadro 1 – Materiais utilizados no experimento

<i>(conclusão)</i>			
Variolink II	Cimento Resinoso	Dimetacrilatos; Carga inorgânica (silica, bariumglass, Ytterbiumtrifluoride); Catalisadores; Estabilizantes; Pigmentos	IvoclarVivadent, Liechtenstein

## 4.2 Métodos

### 4.2.1 Preparo dos espécimes

Foram confeccionadas 330 amostras em cera de baixa distorção (Cera RenfertGmbH, *Untere Giesswiesen in Hilzingen, Germany*) com conicidade progressiva, nas seguintes dimensões: base maior: 4 mm de diâmetro, base menor: 2 mm de diâmetro e altura: 4 mm. (Figura 1) (Barcellos et al., 2008; Pucci et al., 2011).

*Sprues* de cera foram utilizados para unir a base maior das amostras a uma base de anel de 100g (IvoclarVivadent, Liechtenstein), própria para injeção de cerâmicas E.Max Press, no forno Programat EP 5000 (IvoclarVivadent, Liechtenstein) (Figura 2). A inclusão foi realizada com o material PressVEST Speed (IvoclarVivadent, Liechtenstein), espatulado por 120 s em espatuladora a vácuo, e com o correspondente anel de silicone (IPS Silicone Ring) (Figura 3), e respectivo calibrador de inclusão, seguindo as instruções do manual do fabricante.



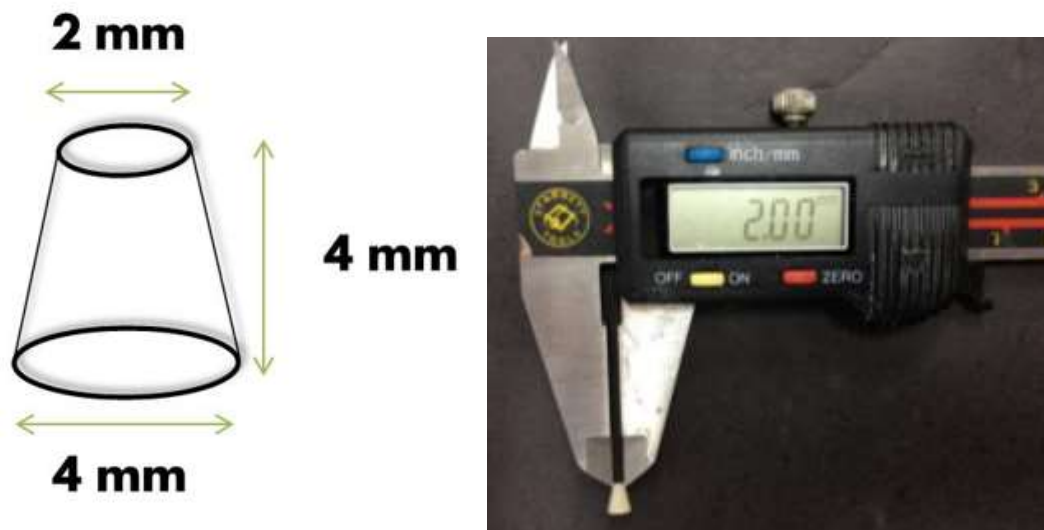


Figura 1 - Dimensões finais do corpo de prova

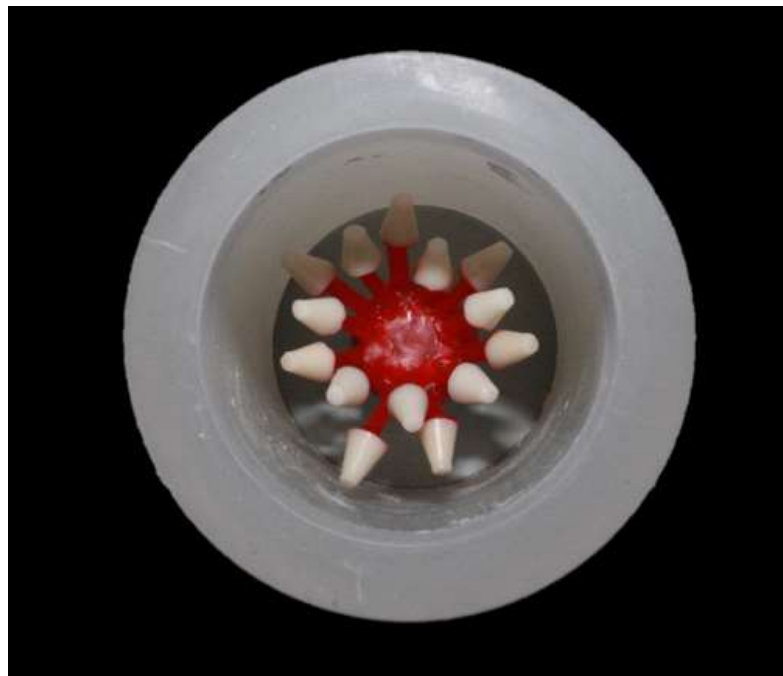


Figura 2 – Espécimes unidos a *sprues*, ligados ao anel de 100g e revestidos pelo cilindro de silicone.



Figura 3 - Revestimento vertido sobre os espécimes e protegido do escoamento pelo anel de silicone.

Após um período de aproximadamente 40 min, a base de anel e o anel calibrador foram removidos e o anel, já em sua presa final e contendo em seu interior as amostras enceradas, foi colocado no forno de cera a 850°C por 45 min (Figura 4).

O forno Programat EP 5000 foi pré aquecido e programado para injeção da cerâmica de baixa translucidez (LT). Após sair do forno de cera o revestimento foi unido à pastilha cerâmica (cor A3.5) e o êmbolo posicionado no forno, para que se iniciasse o procedimento de injeção da cerâmica. Após aproximadamente 26 min os corpos de prova já injetados, podiam ser removidos da plataforma do forno (Figura 5). Para obtenção das amostras, o revestimento foi removido com jateamento com Óxido de Alumínio de 50 $\mu$ m.



Figura 4 – Forno Programat EP 5000 usado para injeção das cerâmicas.



Figura 5: Revestimento contendo as cerâmicas injetadas após saírem do forno de injeção.

As amostras foram separadas dos *sprues* por discos diamantados acoplados a um mandril e peça reta com irrigação de água, para evitar superaquecimento dos espécimes. A base maior das amostras foi regularizada com a utilização de lixas d'água de granulação 600 montadas em Politriz (Pantec, Polipan 2), também sob refrigeração constante. Após o aplainamento da base maior, a base menor foi regularizada com um disco diamantado montado em peça reta e acoplado a um delineador para garantir o paralelismo entre as bases, também sob refrigeração (Figura 6).

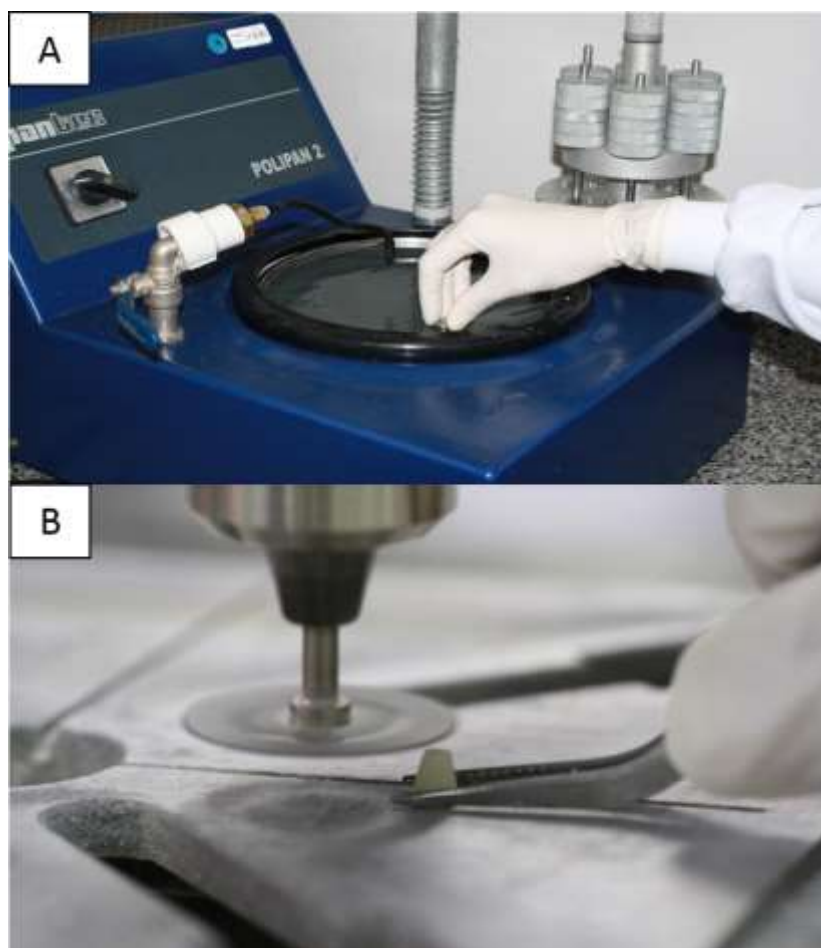


Figura 6 – Regularização das base maior em politriz (a), e menor com disco diamantado acoplado a um delineador (b).

#### 4.2.2 Tratamentos de Superfície

Os 330 corpos de prova cerâmicos obtidos foram divididos aleatoriamente em 11 grupos (n=15) (Figura 7). Todos os espécimes foram limpos em cuba ultrassônica com isopropanol 96%, durante 3 min. e a seguir submetidos aos tratamentos propostos:

**C- Controle**-Procedimento indicado pelo fabricante: Condicionamento da superfície com ácido hidrófluorídrico 10% (Condicionador de Porcelana, Dentsply DeTrey, GmbH, Germany) por 1 min., aplicação de silano Monobond Plus (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), por 60 s e posterior secagem com jato de ar.

**J- Jateamento com óxido de alumínio**- jateamento (Sandblaster Micro Etch, Micro-etcher, Danville Engineering, San Ramon, Califórnia, EUA) com pó de óxido de alumínio com partículas de 50µm, a uma distância de 1 cm e pressão de 2,8 bars por 10 s. Em seguida, a superfície foi limpa novamente por ultrassom com isopropanol 96%, durante 3min. A superfície foi então condicionada por 1 min com ácido fluorídrico 10%, seguido da aplicação de silano Monobond Plus, deixando-o agir por 60 s e após secagem com jato de ar.

**JAr- Jateamento com óxido de alumínio e secagem com ar quente:** Jateamento com pó de óxido de alumínio por 10 s. Em seguida a superfície foi limpa por ultrassom com isopropanol 96%, durante 3 min. A superfície foi então condicionada por 1 min com o ácido hidrófluorídrico 10%, seguido da aplicação de silano Monobond Plus por 60 s. Após esse período o silano foi seco com jato de ar quente utilizando um dispositivo acoplado a um mensurador de temperatura (termopar), garantindo que esta fosse mantida entre 50 e 55°C.

**Er- Tratamento da superfície, com laser Er:YAG:** Irradiação com laser Er:YAG, nos parâmetros 200 mJ de intensidade de energia e 10 Hz de frequência por 5 s, com 12 mm de distância e refrigeração com spray de água a uma taxa de 5ml/s. Limpeza das amostras com ultrassom em isopropanol 96% por 3 min. Na sequência a superfície foi condicionada por 1 min com o ácido fluorídrico 10%, sendo a seguir aplicado o silano, deixando-o agir por 60 s e secagem com jato de ar.

**ErAr- Tratamento da superfície, com laser Er:YAG e secagem com ar quente:** Irradiação com laser Er:YAG (200 mJ de intensidade de energia e 10 Hz de frequência por 5 s). Após a irradiação, as superfícies foram limpas por ultrassom em isopropanol 96%, por 3 min. Na sequência a superfície foi condicionada por 1 min com o ácido hidrófluorídrico 10%, e aplicado o silano deixando-o agir por 60 s. Após esse período, o silano foi seco com jato de ar quente com temperatura entre 50 e 55°C controlada pela utilização de um aparelho termopar.

**GEr-Tratamento da superfície, revestida com grafite e com laser Er:YAG:** Uma ponta de grafite reta de 1mm diâmetro foi usada para revestir toda superfície antes da irradiação do laser. Para a aplicação do laser de Er:YAG foi utilizado o aparelho Kavo Key III (Kavo, Biberach, Alemanha), cujo braço foi fixado num suporte com o objetivo de permitir a irradiação padronizada a uma distância focal de 12mm, perpendicular à superfície da cerâmica. Após a irradiação, nos parâmetros 200mJ de intensidade de energia e 10 Hz de frequência por 5 s, as superfícies foram limpas por ultrassom em isopropanol 96% por 3 min. Na sequência a superfície foi condicionada por 1 min com o ácido hidrófluorídrico 10%, seguido pela aplicação do silano, deixando-o agir por 60 s e secagem com jato de ar.

**GErAr- Tratamento da superfície, revestida com grafite, com laser Er:YAG e secagem com ar quente:** Aplicação do revestimento de grafite, seguida do laser de Er:YAG (200 mJ de intensidade de energia e 10 Hz de frequência por 5 s). Limpeza das amostras com ultrassom em isopropanol 96% por 3 min. Na sequência a superfície foi condicionada por 1 min com o ácido hidrófluídrico 10%, aplicação do silano, deixando-o agir por 60 s. Após esse período, o silano foi seco com jato de ar quente.

**Nd – Tratamento da superfície com laser Nd:YAG:** Irradiação com laser Nd:YAG utilizando-se o aparelho Pulse Master 600 IQ (American Dental Technologies, Corpus Christi, Texas, USA), de modo que os corpos de prova foram posicionados sobre uma mesa e a fibra óptica fixada num suporte com o objetivo de permitir a irradiação padronizada perpendicular à superfície da cerâmica, mantendo o contato da fibra de 320 e realizando-se então a varredura de toda a área com os parâmetros de 120 mJ de intensidade de energia e 15 Hz de frequência por 1 min. Após a irradiação, as superfícies foram limpas por ultrassom em isopropanol 96% por 3 min. Na sequência a superfície foi condicionada por 1 min com o ácido fluorídrico 10%, e então aplicado o silano, deixando-o agir por 60 s e secagem com jato de ar (Figura 8).

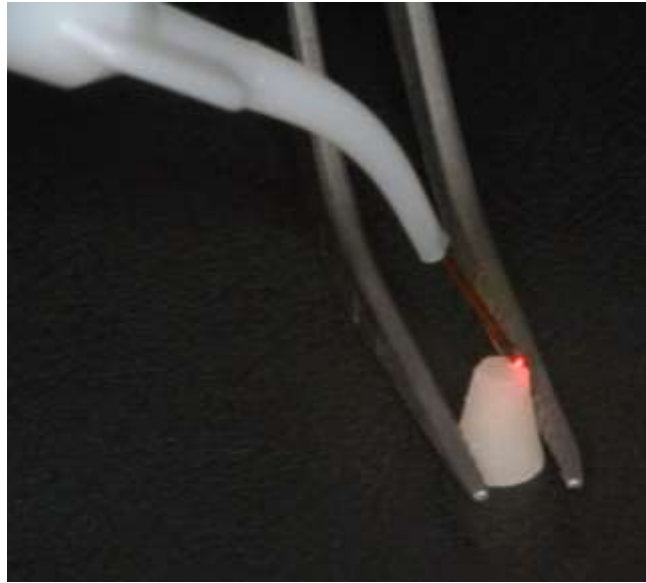


Figura 8 – Aplicação do laser Nd:YAG por contato.

**NdAr - Condicionamento de superfície com laser Nd:YAG e secagem com ar quente:** Irradiação com laser Nd:YAG no parâmetro 120 mJ de intensidade de energia e 15 Hz de frequência por 1 min. Após a irradiação as superfícies foram limpas por ultrassom em isopropanol 96% por 3 min. Na sequência a superfície foi condicionada por 1 min com o ácido hidrofúorídrico a 10%, e aplicado o silano, deixando-o agir por 60 s. Após esse período, o silano foi seco com jato de ar quente.

**GNd - Tratamento da superfície, revestida com grafite, com laser Nd:YAG:** aplicação de revestimento de grafite previamente a irradiação com laser de Nd:YAG no parâmetro 120mJ de intensidade de energia e 15 Hz de frequência por 1 min. Após a irradiação, as superfícies foram limpas por ultrassom em isopropanol 96% por 3 min. Na sequência a superfície foi condicionada por 1 min com o ácido hidrofúorídrico 10%, aplicado o silano, deixando-o agir por 60 s e secagem com jato de ar.

**GNdAr - Tratamento da superfície, revestida com grafite, com laser Nd:YAG e secagem com ar quente:** Aplicação de revestimento de grafite



previamente a irradiação com laser de Nd:YAG no parâmetro 120 mJ de intensidade de energia e 15 Hz de frequência por 1 min. Após a irradiação, as superfícies foram limpas por ultrassom em isopropanol 96% por 3 min. Na sequência a superfície foi condicionada por 1 min com o ácido hidrófluorídrico 10%, aplicado o silano deixando-o agir por 60 s. Após esse período, o silano foi seco com jato de ar quente.

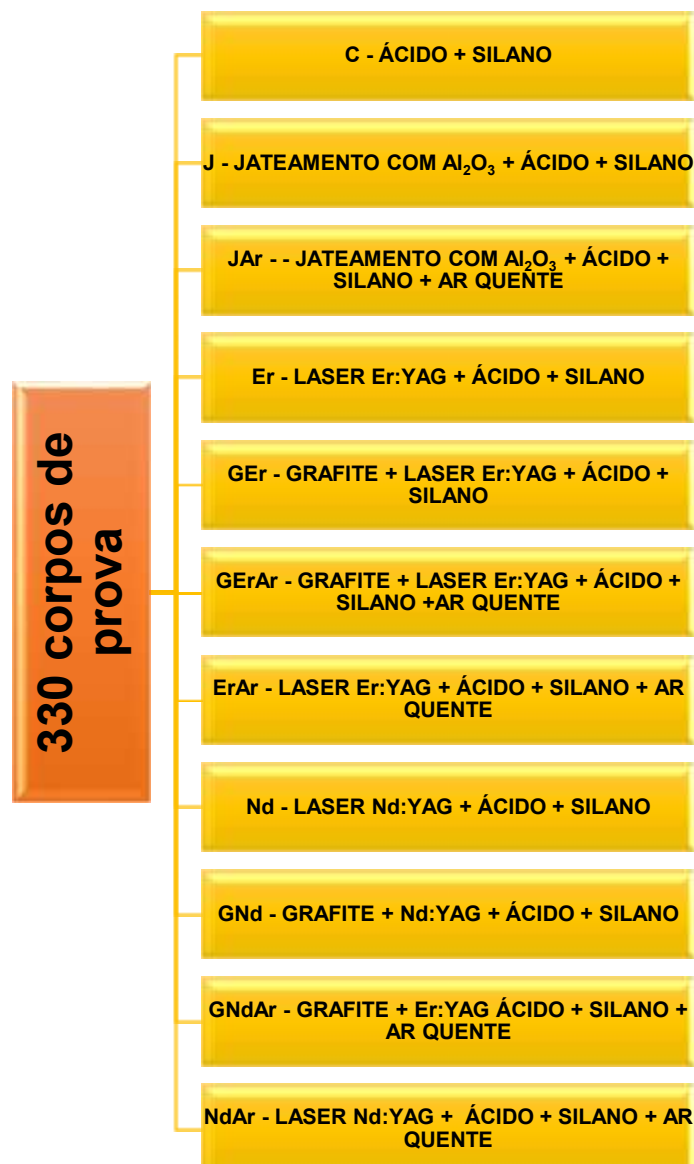


Figura 7 - Divisão dos grupos e respectivos tratamentos de superfície.

### 4.2.3 – Cimentação

Após o tratamento das superfícies menores os espécimes foram unidos aplicando o cimento resinoso de presa dual Variolink II (IvoclarVivadent, Liechtenstein), manipulado na proporção 1:1 por 10 s, seguindo as recomendações do fabricante. Cada conjunto foi posicionado em um delineador adaptado para a cimentação com a superfície de colagem perpendicular à aplicação de uma carga vertical estática de 630g. Após o posicionamento do conjunto cerâmica/cimento/cerâmica, foi realizada uma fotopolimerização inicial por 10 s com o fotopolimerizador LED (Radii cal - SDI), seguido de remoção dos excessos do cimento, e então foi realizada a fotopolimerização por 40s, iniciando-se pelas margens proximais de cada lado do conjunto, obtendo-se 165 conjuntos (n/2) (Figura 9).

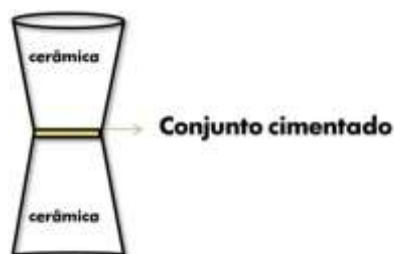


Figura 9 - Visão final dos corpos de prova em cerâmica cimentados com cimento resinoso.

### 4.3 Simulação de Envelhecimento

Para simulação das condições presentes no meio bucal os espécimes foram submetidos a ciclagem termomecânica realizada na máquina ER 37000 (Erios, São Paulo, São Paulo, Brasil). Foi realizada a

ciclagem mecânica com carga de 60N e 24.000 ciclos, a força foi aplicada sobre o corpo de prova, perpendicularmente à superfície (Figura 10). O tratamento mecânico foi efetuado por meio de cilindros pneumáticos, acionados por compressor de ar. A força aplicada foi proporcional a pressão em libras do sistema. O tratamento mecânico foi simulado através de hastes em aço inox fixadas nos cilindros, as quais pressionam as amostras, sem impacto, apenas com a carga selecionada no manômetro. Ao mesmo tempo as amostras receberam o tratamento de ciclagem térmica em água, nas temperaturas de 5°C, 37 °C e 55°C, totalizando 1.000 ciclos e com o tempo de permanência dos espécimes em cada banho de 30 s.



Figura 10 - Máquina de ciclagem termo-mecânica ER 37000 (Erios, Brasil). Posicionamento do espécime na máquina.

#### 4.4 - Ensaio mecânico

O ensaio mecânico de tração foi realizado na máquina de ensaios universal EMIC-2000 (EMIC, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil)

empregando-se um dispositivo especialmente construído para alojar a amostra. Esse dispositivo é constituído por duas peças cilíndricas em aço inox, cada uma com uma haste para acoplamento à máquina de ensaios universal. No interior de cada uma dessas peças cilíndricas existe um dispositivo cônico em latão, bipartido em seu longo eixo, para alojar as extremidades da amostra em forma de ampulheta (Figura 11). No início do ensaio a amostra permanecerá solta no interior do dispositivo até que, com o aumento da distância entre as porções ativas da máquina, os dispositivos se alinhem possibilitando que a interface adesiva se localize perpendicularmente ao eixo de incidência da força. A máquina foi ajustada para uma velocidade constante de 1,0mm/min, com uma célula de carga de 10Kgf a qual carregou a amostra até ocorrer a fratura, mostrando o valor máximo em MPa, suportado pela interface cerâmica/ cerâmica.



Figura 11 - Adaptação dos espécimes cerâmicos no modelo metálico para ensaio mecânico.

#### 4.5 Hipóteses

As hipóteses testadas foram:

H<sub>1</sub> – os tratamentos de superfície interferem na resistência de união entre cimento resinoso e cerâmica.

H<sub>2</sub> – A secagem do silano com ar quente interfere na resistência de união entre cimento resinoso e cerâmica.

## 5 RESULTADOS

A estatística descritiva (médias e desvio padrão) dos dados de resistência de união estão representados na Tabela 1.

Tabela 2 – Valores de média e desvio-padrão de resistência de união (MPa) para os grupos testados.

<b>Grupo</b>	<b>Média (MPa)</b>	<b>±dp</b>
<b>Controle</b>	14,27	4,41
<b>Jateamento Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	16,83	7,33
<b>Jateamento Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Ar Quente</b>	12,58	5,47
<b>Er:YAG</b>	27,00	8,03
<b>Er:YAG + Ar Quente</b>	16,52	6,69
<b>Er:YAG + Grafite</b>	12,12	3,45
<b>Er:YAG + Grafite + Ar Quente</b>	14,00	6,65
<b>Nd:YAG</b>	17,71	4,85
<b>Nd:YAG + Ar Quente</b>	13,06	3,73
<b>Nd:YAG + Grafite</b>	7,67	3,59
<b>Nd:YAG + Grafite + Ar Quente</b>	13,06	3,36

A avaliação da influência do tipo do tratamento de superfície e da aplicação do ar quente sobre a resistência de união dos corpos-de-prova foi realizada pelo teste Anova 2 fatores (Tabela 3)

Tabela 3 – Resultado da ANOVA 2 fatores

<b>Fatores</b>	<b>Df</b>	<b>Ms</b>	<b>F</b>	<b>P*</b>
<b>Tratamento de Superfície</b>	1	534,39	17,18	0,000*
<b>Ar Quente</b>	1	295,40	9,50	0,002*
<b>Tratamento x Ar Quente</b>	1	307,79	9,89	0,000*

\*Diferenças significativas

A análise do teste ANOVA 2-fatores mostrou diferenças significativas para Tratamento de superfície e Ar quente isoladamente (valor  $p < 0,05$ ), adicionalmente a interação dos fatores também apresentou diferença significativa (valor  $p < 0,05$ ).

O teste de Tukey (Tabela 4) ( $p < 0,05$ ) foi utilizado para comparar a influência da secagem do silano com ar quente na resistência de união entre cerâmica e cimento.

Tabela 4 – Teste de Tukey para a secagem do silano com ar quente.

	<b>Média (Mpa)</b>	<b>Grupos Homogêneos</b>
<b>Jato de Ar Quente</b>	13,46	A
<b>Secagem Convencional</b>	16,27	B

A análise de Tukey permite constatar que existe diferença significativa entre o uso ou não da secagem do silano com ar quente. Sendo que a média dos grupos secos de forma convencional apresentou-se superior estatisticamente à média dos grupos secos com ar quente.

Também foi aplicado o teste de Tukey para a o fator Tratamento de superfície com a finalidade de comparar os diferentes

tratamentos aos quais as cerâmicas foram submetidos, independente do uso ou não da secagem do silano com ar quente (Tabela 5).

Tabela 5 – Teste de Tukey para a comparação entre os diferentes tratamentos aplicados na cerâmica independentemente do tipo de secagem.

	<i>Média (Mpa)</i>	<i>Grupo Homogêneos</i>	
<b>Nd:YAG + Grafite</b>	10,37	A	
<b>Er:YAG + Grafite</b>	13,06	A	B
<b>Nd:YAG</b>	14,42	B	
<b>Jateamento</b>	14,70	B	
<b>Er:YAG</b>	21,76	C	

De acordo com o resultado do teste de Tukey para os diferentes tratamentos, independente da secagem do silano com ar quente, pode-se observar que o tratamento com Er:YAG foi superior estatisticamente aos demais grupos, e que o tratamento de Nd:YAG + grafite foi inferior estatisticamente aos grupos de Nd:YAG, Jateamento e Er:YAG.

O teste de Tukey foi aplicado para a interação dos fatores secagem do silano com ar quente e tratamento de superfície na resistência de união entre cerâmica e cimento.



Tabela 6 – Teste de Tukey para a comparação entre os fatores tratamento de superfície e secagem do silano com ar quente.

<b>Secagem do silano com ar quente</b>	<b>Tratamento de superfície</b>	<b>Média (MPa)</b>	<b>Grupos Homogêneos</b>		
<b>Não</b>	<b>Nd:YAG + Grafite</b>	7,67	A		
<b>Sim</b>	<b>Nd:YAG</b>	11,14	A	B	
<b>Não</b>	<b>Er:YAG + GRAFITE</b>	12,12	A	B	C
<b>Sim</b>	<b>JATEAMENTO</b>	12,58	A	B	C
<b>Sim</b>	<b>Nd:YAG + GRAFITE</b>	13,06	A	B	C
<b>Sim</b>	<b>Er:YAG + Grafite</b>	14,00	A	B	C
<b>Sim</b>	<b>Er:YAG</b>	16,52		B	C
<b>Não</b>	<b>JATEAMENTO</b>	16,83		B	C
<b>Não</b>	<b>Nd:YAG</b>	17,71			C
<b>Não</b>	<b>Er:YAG</b>	27,00			D

De acordo com a Tabela 6 pode-se observar que a utilização do tratamento de superfície com Er:YAG *Laser* sem secagem do silano com ar quente foi superior estatisticamente aos demais grupos.

Os valores médios de resistência de união dos grupos com diferentes tratamentos de superfície foram comparados ao Grupo Controle pelo teste de Dunnet (Tabela 7).

Tabela 7- Comparação dos demais grupos estudados ao grupo C (Controle) pelo teste de Dunnet (5%), mostrando diferença estatística significativa entre o Grupos Controle e os Grupos GNd e Er.

<b>Grupo</b>	<b>p (&lt;0,05)</b>
<i>GNd</i>	0,01
<i>GNdAr</i>	0,99
<i>Er</i>	0,00
<i>ErAr</i>	0,86
<i>GEr</i>	0,89
<i>GErAr</i>	1,00
<i>J</i>	0,76
<i>JAr</i>	0,97
<i>Nd</i>	0,44
<i>NdAr</i>	0,55

De acordo com os resultados da Tabela 7 pode-se observar que os grupos Er e GNd apresentaram resultados significativamente diferentes do grupo controle, entretanto o Er (27,00 Mpa) foi superior estatisticamente ao grupo C (14,27 Mpa), e o GNd (7,67 Mpa) apresentou resultados significativamente inferiores ao grupo C.

### 5.1 Análise da Superfície da Cerâmica

Duas amostras referentes aos grupos C (Controle), GNd (Grafite + Nd:YAG) e Er (Er:YAG), por serem aquelas com diferenças estatísticas significantes, foram submetidos a medições dos parâmetros de rugosidade (média aritmética de picos e vales) e a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) (Fig. 12). Concordando com os resultados do teste mecânico, a perfilometria mostra imagens tridimensionais com menor

discrepância entre picos e vales e baixo valor de rugosidade média para o grupo GNd, e maior para o grupo Er.

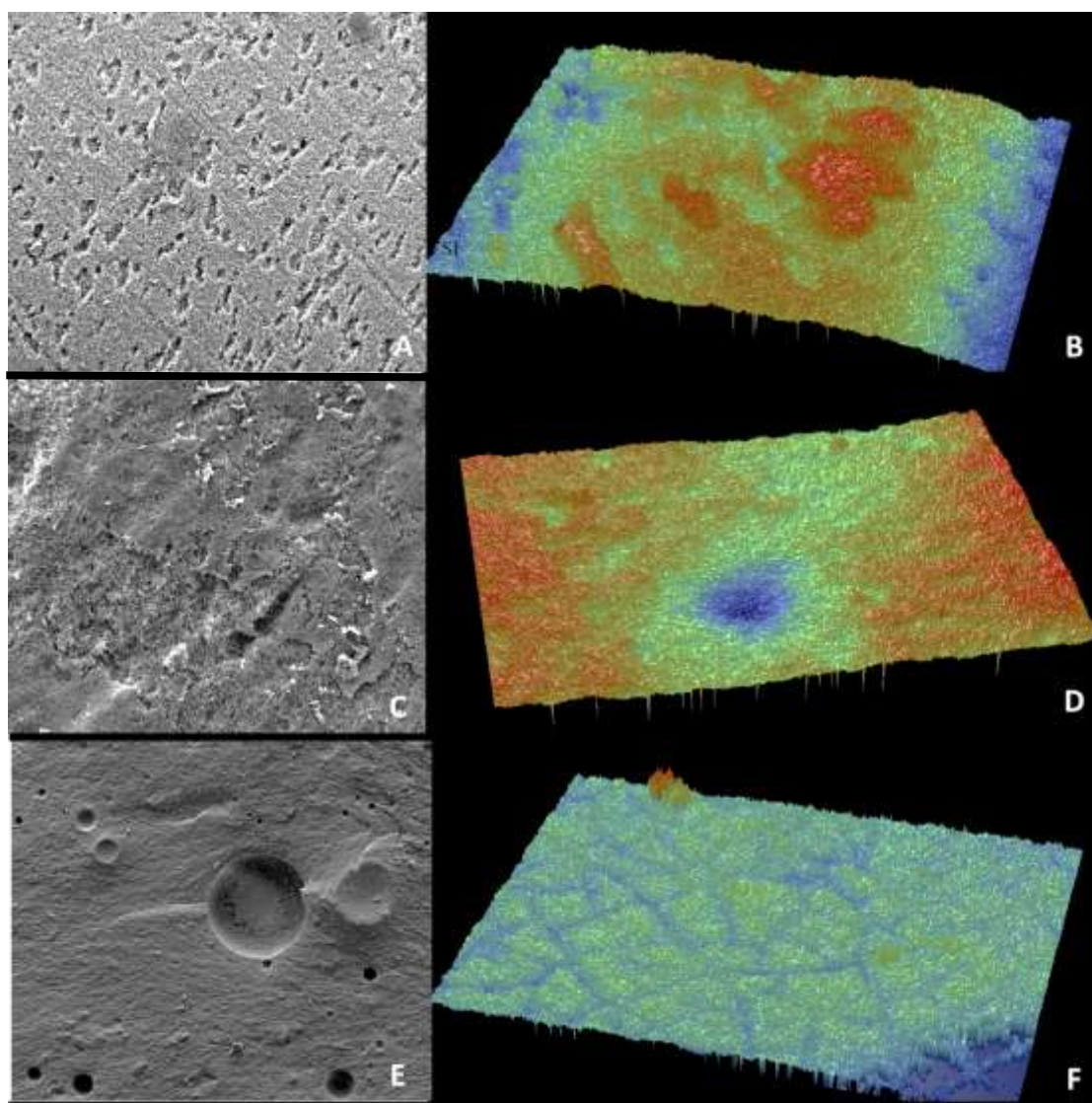


Figura 12 – Fotomicrografia em MEV (esquerda), e imagem 3D gerada por perfilometria óptica digital. A e B: Grupo controle - MEV com aumento de 100X mostrando microestrutura da cerâmica e Ra de 2,01; C e D: Grupo Er- MEV com aumento de 1000X mostra modificação na superfície da cerâmica, porém não completamente e a análise perfilometrica mostra sua maior média (Ra) 2,81 ; E e F: Grupo GNd – MEV com aumento de 500X para tornar possível a

visualização das crateras distribuídas por toda a superfície da cerâmica, ainda assim a análise de perfilometria mostra resultados médios de 0,88 (Ra).

## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 Da metodologia

O primeiro relato de utilização das cerâmicas em odontologia descreveu a fabricação de dentes para prótese total pelo dentista Nicholas Dubois e pelo químico Alexis Duchateau em 1774 (Amoroso et al., 2012). As cerâmicas feldspáticas foram as primeiras a serem confeccionadas em alta fusão, porém sua baixa resistência, responsável por restringir seu uso a locais de pequena carga oclusal, foi um propulsor para a procura de elementos que reforçassem sua estrutura sem perder as características estéticas que tornavam o material atraente.

Buscando melhorar as características de resistência, as cerâmicas feldspáticas foram reforçadas por leucita, recebendo a indicação de uso para facetas laminadas, *inlays* e *onlays*. Esse reforço teve reflexo em suas características mecânicas, porém essas cerâmicas ainda apresentam resistência flexural de apenas 180 Mpa, o que representa uma resistência menor do que as apresentadas pela incorporação de di-silicato de lítio ou óxido de zircônia (Stevenson e Ibbetson, 2010; Amoroso et al., 2012). A adição de cristais de di-silicato de lítio dispersos em uma matriz vítrea de forma interlaçada na estrutura das cerâmicas feldspáticas favoreceu suas propriedades mecânicas. A sua resistência flexural passou a se aproximar de 400 Mpa e não houveram prejuízos estéticos (Instruções

de uso IPS e.max Press, 2009). Sendo assim, esse segmento de cerâmica tornou-se amplamente utilizado até os dias de hoje.

Dentre as cerâmicas comercializadas atualmente encontram-se os sistemas vítreos reforçados por di-silicato de lítio, que possuem em sua microestrutura 40% de lítio, em forma de cristais de metassilicato inseridos em uma fase vítrea (Tysowsky, 2009). Esses sistemas buscam reproduzir a naturalidade da estrutura dentária, proporcionando boas propriedades mecânicas e translucidez, garantindo uma restauração indireta com boa estética e resistência, características importantes uma vez que sua indicação engloba tanto dentes anteriores como posteriores (Gehrt et al., 2013).

O sistema de cerâmica vítrea de di-silicato de lítio utilizado nesse estudo é composto por pastilhas e combina a técnica da cera perdida e o sistema de injeção. A temperatura de plastificação das pastilhas é entre 915°C e 920°C, e quando alcançada a cerâmica é pressionada por um êmbolo sobre um molde em condições de vácuo e pressão. A marca comercial E.max Press (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) é indicada para facetas finas, coroas totais, *inlays*, *onlays* e pontes de no máximo 3 elementos e até o 2º pré-molar (Ivoclar Vivadent, 2009). A escolha dessa cerâmica para a confecção dos corpos de prova foi baseada em sua extensa utilização clínica (Vidotti, 2011; Esquivel-Upshaw et al., 2005; Taskonak e Sertgoz, 2006; Gomes et al., 2008; Valenti e Valenti, 2009; Wolfart et al., 2009; Etman e Woolford, 2010; Barreto et al., 2011), além de possuir a vantagem da utilização do mesmo material para a infraestrutura e cobertura. Outro diferencial é sua baixa contração durante a queima, decorrente da alta pressão de injeção a que é submetida, diferente de outras cerâmicas feldspáticas disponíveis (Instruções de uso IPS e.max Press, 2009). Além disso, o aumento gradual e controlado da temperatura do forno faz com que os gases e vapores se difundam lentamente para a superfície da peça, sem causar maiores rupturas (Della Bona, 2009). Desta maneira a variação dimensional somente ocorre durante o resfriamento, e

pode ser controlada por adequada expansão do revestimento (Gomes et al. 2008).

Para avaliar o comportamento da cerâmica em laboratório quanto a resistência de união ao cimento, ensaios mecânicos como os de macrotração, microtração, cisalhamento e microcisalhamento são comumente utilizados (Spohr, 2001; Usumez et al., 2012; Liu et al., 2013; Gomes et al., 2013; Guarda et al., 2013). Entretanto, ainda persistem até hoje divergências sobre um teste ideal para a avaliação da resistência de união entre dois substratos na pesquisa odontológica, sejam eles dentina humana ou bovina, resina composta ou cerâmica.

Os diferentes testes podem interferir nos resultados obtidos, por exemplo, pela indução de estresse na confecção da amostra e pelo seu formato, levando os pesquisadores a conclusões discordantes. Della Bona e Van Noort, em 1995 realizaram uma comparação entre os teste de macrotração e cisalhamento na mensuração da resistência de união aplicando o método de análise de elementos finitos, e quanto a indução de tensões e confiabilidade dos resultados encontrados recomendaram a utilização do teste de macrotração.

Sano et al. 1994a e 1994b, analisam que a resistência a tração é inversamente proporcional ao tamanho da superfície adesiva testada, e que se a área de secção transversal for diminuída para um valor menor do que 2mm, provavelmente todas as falhas obtidas serão adesivas, caracterizando o teste de microtração. Sabe-se, entretanto que o teste de microtração, obtido mediante cortes de uma amostra, é sujeito a uma grande quantidade de falhas já no momento de obtenção dos palitos, apesar de proporcionar pequenas áreas de teste, com resultados possivelmente mais confiáveis, induzem a estresse durante o corte pela vibração do disco de corte, perda de amostras, complexidade e onerosidade de trabalho (Van Meerbeek et al 2010). Já o teste de

cisalhamento exige uma série de cuidados já no momento de montagem do espécime na máquina de ensaios universais, garantindo que não incidam cargas durante esse posicionamento. Um dos mais comuns erros decorrentes do teste de cisalhamento é a indução de carga em local incorreto, posicionando o dispositivo em lugar diferente da interface entre os materiais testados. Essa falha causa atrito durante a aplicação da carga (faca), causando mais uma vez resultados inespecíficos (ISO/TS 11405).

Estudos vem mostrando que a área da superfície adesiva a ser testada é diretamente proporcional ao tipo de falha obtida. Superfícies maiores costumam resultar em uma prevalência de falhas coesivas (Pashley et al. 1995). A secção transversal da amostra também parece influenciar a resistência de união. Em estudo de Phrukkanon 1998, a secção circular mostrou resultar em uma maior resistência adesiva quando comparada a secção retangular. Segundo a literatura, quanto menor a superfície do espécime, menor a área disponível para falhas, resultando em melhores resultados de resistência de união (Ghassemieh, 2007). Quanto maior a área de teste, menor a resistência adesiva, sendo que até 3mm os resultados são mais favoráveis para ensaios de macrotração (Escribano et al 2003).

Baseado nas dificuldades para a obtenção de resultados mais próximo da realidade da resistência adesiva entre os materiais, e nos parâmetros previamente estudados e relatados acima, nesse estudo foi desenvolvido um modelo de corpo de prova de pequenas dimensões, com área de cimentação de 2mm de diâmetro, evitando a indução de estresse, e preparado para um teste de macrotração com as menores dimensões possíveis, sem as desvantagens de amostras obtidas a partir de várias secções de um corpo de prova (palitos), porém com a vantagem do teste em uma pequena área.



Considerando que a proposta deste trabalho foi avaliar a efetividade de diferentes tratamentos de superfície da cerâmica, optamos pela cimentação entre duas superfícies cerâmicas, na tentativa de não incluir um outro substrato que poderia levar a, por exemplo, falhas coesivas entre o substrato não cerâmico, comprometendo o objetivo do trabalho e mascarando os resultados obtidos (Spohr et al., 2003).

Para avaliar a resistência de união da cerâmica aos cimentos, diversos tratamentos são relatados por pesquisadores (Cavalcanti et al, 2009; Dilber et al. 2012; Guarda et al., 2013; Liu et al., 2013), sempre com o objetivo de se obter restaurações duradoras. A seleção de uma cerâmica deve ser feita de forma criteriosa, levando em consideração a resistência do material, a região a ser restaurada e a forma de união entre a cerâmica e a estrutura dental, a fim de garantir a longevidade dos tratamentos restauradores.

O tratamento padrão recomendado pelos fabricantes da cerâmica consiste no condicionamento com ácido, que pode ser com diferentes composições químicas e porcentagens, seguido da aplicação do silano. Segundo Gomes et al. 2008, quanto mais resistente é o material, mais difícil é a realização da cimentação adesiva da peça, devido a dificuldade do condicionamento de superfície da cerâmica. O objetivo do condicionamento ácido é promover irregularidades superficiais, que serão impregnadas com a aplicação de silano, agente químico que serve para aumentar a força de união entre o cimento e a cerâmica (Barghi et al., 2000; Kumbuloglu et al., 2003; Barghi et al., 2000; Taskonak e Sertgoz, 2006; Heintze et al., 2008; Fabianelli et al., 2010; Fasbinder et al., 2010; Marinho 2012).

O silano é um monômero no qual o silício está ligado a radicais orgânicos reativos e a grupos monovalentes hidrolisáveis. Os radicais orgânicos reativos ligam-se quimicamente com moléculas do

cimento resinoso. Os grupos monovalentes hidrolisáveis unem-se quimicamente com o silício contido tanto na matriz vítrea, quanto na fase cristalina do di-silicato de lítio da cerâmica (Spohr, 2001).

No presente estudo utilizamos condicionamento com ácido hidrofluorídrico a 10% (Etman e Woolford, 2010; Fabianelliet al., 2010; Carvalho et al., 2011; Guarda et al., 2013; Baron et al., 2013) por 1 min após todos os tratamentos, seguido da aplicação do silano por 60 s conforme especificação do fabricante, antecedidos por um dos seguintes tratamentos: Nd:YAG; Nd:YAG associado ao grafite; Nd:YAG associado a secagem do silano com ar quente; Nd:YAG associado ao grafite e secagem do silano com ar quente; Er:YAG; Er:YAG associado ao grafite; Er:YAG associado a secagem do silano com ar quente; Er:YAG associado ao grafite e secagem do silano com ar quente; jateamento com partículas de óxido de alumínio; jateamento com partículas de óxido de alumínio e secagem do silano com ar quente. Como controle foi utilizada apenas a sequência de tratamento preconizada pelo fabricante.

O tratamento da cerâmica com jateamento de óxido de alumínio vem sendo muito utilizado pelos profissionais e objetiva também a promoção de irregularidades na cerâmica. Esta técnica aponta resultados satisfatórios que comprovam o aumento da resistência a união dos cimentos às cerâmicas. Existem variações quanto ao tamanho das partículas (geralmente entre 30 e 100  $\mu\text{m}$ ), sua aplicação com ou sem o condicionamento ácido e a posterior aplicação do silano. (Borges et al., 2003; Spohr et al., 2003; Ozcan et al., 2008; Cavalcanti et al., 2009; Karas et al., 2010; Foxton et al., 2011). Nesse estudo foi utilizado o jateamento com partículas de 30 $\mu\text{m}$  anteriormente a aplicação de ácido hidrofluorídrico 10% e silano.

Pesquisas tem relatado o uso de irradiação com lasers de Nd:YAG, Er:YAG, associação destes com grafite (Cavalcanti et al. 2009,

Gomes et al. 2013) e secagem do silano com ar quente (Barghi et al. 2000, Fabianelli et al 2010, Carvalho et al. 2011). Estes tratamentos tem por finalidade alterar a superfície da cerâmica criando micro retenções para melhora e durabilidade da adesão ao cimento (Barghi et al 2000, Ozcan et al 2008, Cavalcanti et al 2009, Fabianelli et al 2010, Akin et al 2011, Usumez et al 2012, Demir et al 2012). Nesta pesquisa utilizamos a irradiação por laser Nd:YAG com frequência de 120 mJ de intensidade de energia e 15 Hz de frequência por 1 min e em contato direto com o corpo de prova (Cavalcanti et al. 2009). O laser Er:YAG foi utilizado na frequência de 200 mJ de intensidade de energia e 10 Hz de frequência por 5 s (Cavalcanti et al., 2009a), com 12 mm de distância da superfície do espécime e sob refrigeração de água e ar.

O efeito do laser se dá pela transformação da energia luminosa em calor, sendo relacionada a pigmentação do substrato e sua quantidade de água. Como o substrato cerâmico é quase isento de água e sua coloração é branca e opaca, pesquisas vêm indicando que a energia dissipada pelo laser fica subutilizada (Cavalcanti et al., 2009b). Logo, a aplicação do grafite nesse estudo teve por objetivo aumentar a absorção de energia dos lasers pela cerâmica. (Cavalcanti et al., 2009a; Gomes et al., 2013) a e a secagem do silano foi realizada com jato de ar quente entre 50 e 55°C com o objetivo de volatilizar o solvente, promovendo uma melhor adesão (Carvalho et al, 2011).

A utilização do cimento resinoso tem por objetivo promover a união entre a cerâmica e o substrato dentinário, com uma união única que permita a transferência de tensões da cerâmica para a estrutura dental, sendo um eficiente meio de aumentar a resistência da cerâmica. No presente estudo foi utilizado o cimento Variolink II, um agente de cimentação de presa dual, por permitir um maior tempo de trabalho e alcançar um alto grau de conversão na ausência de luz (Freitas et al. 2005).

Para a simulação de um envelhecimento comparável ao que acontece com os materiais odontológicos expostos ao meio bucal com o passar dos anos, e para a indução de falhas consideradas relevantes ou seja, que representem de maneira mais fiel as ocorridas na boca, é convencional a utilização de equipamentos de desgaste mecânico e térmico. Por muitos anos, foi comum a utilização restrita apenas a ciclagem mecânica, porém as cerâmicas se mostram sensíveis ao meio aquoso em testes de resistência estáticos e dinâmicos, o que tornou a realização do envelhecimento térmico e mecânico uma opção mais satisfatória na mimetização do ambiente real a que as restaurações cerâmicas estão expostas. (Vidotti, 2011). Nesse estudo foi utilizada a ciclagem termo-mecânica, que é um método de envelhecimento laboratorial amplamente aceito no meio científico. Não foi mensurada a resistência de união inicial pois o objetivo do estudo foi estudar as diferenças na resistência a tração apenas após a ciclagem termo-mecânica em virtude da simulação mais aproximada das circunstâncias que ocorrem com a cerâmica quando colocada em condições de uso intra bucal.

## **6.2 Dos Resultados**

Nesta pesquisa realizamos um estudo *in vitro* para simular o comportamento de uma cerâmica vítrea de di-silicato de lítio quanto a união adesiva, empregando diferentes tratamentos de superfície. Para tanto, 330 amostras foram divididas em grupos (n=15), sendo empregado óxido de alumínio, lasers Nd:YAG e Er:YAG, e a associação destes com grafite e secagem do silano com ar quente.

Os espécimes foram submetidos ao teste de macrotração, com diâmetro circular de 2mm, assegurando uma menor área de ensaio e uma maior porcentagem de falhas adesivas, objetivo desse estudo.

Akyil et al. 2011, comparando diferentes tratamentos de superfície verificaram que o tratamento da superfície com ácido hidrofluorídrico foi o mais efetivo para cerâmicas feldspáticas, em comparação ao uso de lasers de Nd:YAG e Er:YAG. Carvalho et al. 2011, obtiveram resultados satisfatórios quando da utilização do condicionamento da superfície de cerâmicas feldspáticas, com ácido hidrofluorídrico 9,6% e do mesmo precedendo a secagem do silano com ar quente (100°C), quando comparados a utilização de secagem do silano com ar quente sem o condicionamento ácido da cerâmica. Nesse estudo foi utilizado o condicionamento da superfície com ácido hidrofluorídrico a 10% após todos os tratamentos. Uma vez que o condicionamento ácido apresentou bons resultados nos estudos citados acima, buscamos verificar sua ação quando em uma superfície modificada por outros tratamentos prévios.

Após a análise estatística os resultados mostraram que não houve diferença estatística entre os grupos controle e jateamento com óxido de alumínio com e sem secagem do silano com ar quente (Tabela 7). O resultado obtido pode ter sido obtido devido ao tamanho das partículas empregadas pelos diferentes autores. Neste estudo, empregamos partículas de 30 µm, que podem ter sido insuficientes para gerar microretensões eficientes para a união do cimento com a cerâmica.

O Er:YAG é um laser pulsátil que tem um máximo de emissão na região do infra-vermelho a 2.94µm ou 2940 nm. A água absorve fortemente esse comprimento de onda, e isto é um dado importante para a aplicação do Er:YAG sobre os tecidos duros. O vapor d'água promove micro-explosões e assim o tecido é ablasionado. O Er:YAG em substrato

dentinário promove a ablação termomecânica através da vaporização da água e aumento da pressão intra-tecidual, ocorrendo expansão e fragmentação tecidual, sendo o material ejetado através de microexplosões. No esmalte, o Er:YAG, devido a ablação cria uma superfície com padrão morfológico micro-retentivo, favorecendo a adesão (Brugnera Jr 2001).

Segundo Burkes et al. 1992 quando o Er:YAG é irradiado no esmalte sem spray de água, ocorre mínima ablação, com fusão do esmalte, “bolhas” e fraturas. O esmalte é um tecido composto por 92% de hidroxiapatita inorgânica, portanto apenas 8% de substância orgânica. Apesar do substrato cerâmico ter uma composição totalmente inorgânica, e com baixo teor de água, a semelhança do esmalte, no presente estudo pode ter ocorrido microexplosões, dando origem a irregularidades que favoreceram a união adesiva ao cimento resinoso.

Na análise estatística, comparamos os fatores Tratamento de superfície e Secagem do silano com ar quente pelo teste de Tukey, com o intuito de verificar se esses fatores influenciam a resistência de união entre cimento resinoso e a cerâmica testada (Tabela 3). Os resultados mostraram que houveram diferenças estatísticas significantes em ter os dois fatores estudados e ainda na interação deles.

Os maiores valores médios desse estudo foram encontrados no grupo Er (irradiação com laser Er:YAG). Os ~~mais baixos~~ menores resultados foram encontrados no grupo GNd (cobertura da superfície com grafite e irradiação com laser Nd:YAG). As imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e as médias em imagens de rugosidade mostram detalhamentos superficiais que condizem com os resultados de resistência adesiva. A MEV do grupo Er mostra uma superfície modificada, porém sem total perda das características. Existem ilhas de superfície semelhantes a imagem de superfície do grupo controle,

que podem significar que o tempo de irradiação testado neste estudo foi insuficiente para modificar toda a extensão da superfície. O grupo GNd mostrou uma modificação completa da superfície, com formação de crateras espalhadas por toda sua extensão.

Os resultado encontrados nesse estudo diferem em parte dos obtidos por Demir et al. (2012), Dilber et al. (2012) e Yavuz et al. (2012) que encontraram os melhores valores de resistência a união com a aplicação do laser Er:YAG, entretanto associado ao jateamento com óxido de alumínio sobre cerâmica de di-silicato de lítio.

Também diferindo dos nossos resultados, Foxton et al. (2011) empregaram laser de Er:YAG sobre a superfície de cerâmica reforçada por zircônia, verificando que não houve uma união durável entre cimento e cerâmica. Gomes et al, 2013, aplicando Er:YAG como condicionante sobre a superfície da zircônia, verificaram que após o envelhecimento acelerado por termociclagem houve queda na resistencia de união e maior taxa de falhas adesivas.

Akin et al. 2011, empregando lasers Nd:YAG e Er:YAG sobre a superfície de zircônia verificaram um aumento da resistência de união em comparação com ao jateamento com óxido alumínio e irradiação com laser de CO<sub>2</sub>. Kara et al. 2010, empregando laser deNd:YAG e Er:YAG sobre a superfície de cerâmica de di-silicato de lítio não encontraram diferença estatisticamente significativa entre a utilização dos lasers e o condicionamento com ácido hidrofúorídrico. Akyil et al. 2011, também não encontraram resultados satisfatórios quanto a resistência de união quando da utilização de lasers de Nd:YAG e Er:YAG, em cerâmica feldspática. Torna-se importante ressaltar que os parâmetros de energia utilizados nesse estudo foram diferentes dos estudos citados podendo dessa forma interferir nos resultados.

O comprimento de onda do Nd:YAG é de 1064 nm, situa-se no espectro eletromagnético na faixa do invisível do infravermelho não ionizante. Apresenta emissão no modo pulsado, sendo esse laser bem absorvido pelos cromóforos pigmentados, e por isso a afinidade pelos tecidos moles. Sua absorção em tecidos dentais duros é bastante limitada, permitindo realizar procedimentos clínicos em regiões próximas esmalte, dentina e cimento, com parâmetros adequados que não causem danos térmicos (Eduardo et al. 2002).

Quanto ao emprego do Nd:YAG na superfície da cerâmica de di-silicato de lítio, este mostrou-se com média de resistência de união semelhante ao grupo controle, quando analisado no teste de Tukey. Entretanto apresentou valores médios superiores aos demais grupos, com exceção dos grupos Er:YAG e Nd:YAG combinado com aplicação de grafite. Usumez et al. 2012, encontrou os melhores resultados de união com irradiação pelo laser Nd:YAG, com pulsação de 180  $\mu$ s sobre zircônia. Liu et al. 2013, aplicando Nd:YAG sobre a zircônia verificaram que não houve melhora na resistência de união entre cerâmica e cimento, podendo ainda causar falhas e defeitos no material.

Considerando que o Nd:YAG promove a vitrificação quando em substrato dentinário, pode-se supor que o mesmo tenha ocorrido na superfície da cerâmica, justificando o menor grau de rugosidade superficial como demonstrado nas imagens de teste perfilométrico, uma vez que os valores de resistência adesiva foram inferiores aos do Er:YAG, sobretudo quando associado ao grafite e ao silano seco com jato de ar quente. Entretanto, apesar dos valores médios inferiores, o Nd:YAG apresentou semelhança ao grupo controle (Tabela 4 e Figura 13).

A cobertura da superfície a ser irradiada pelos lasers Nd:YAG e Er:YAG com grafite teve por objetivo aumentar a absorção da energia irradiada pelo laser (Cavalcanti et al. 2009, Gomes et al. 2013),



porém os resultados não foram conclusivos, e assim definiu-se que os grupos tratados com laser teriam suas superfícies com e sem grafite, para avaliar a sua eficácia. O que se encontrou foi uma resistência de união inferior em relação aos demais grupos, em ambos os lasers irradiados. Para a cerâmica de di-silicato de lítio a pigmentação foi prejudicial.

Quanto a silanização este é um procedimento usual para o tratamento das cerâmicas, sendo que o seu aquecimento tem sido empregado em algumas pesquisas (Carvalho et al. 2011, Siedschlag 2013) com o objetivo de volatilizar o solvente. Carvalho et al. 2011 obtiveram resultados positivos quando da utilização da secagem do silano com ar quente (100°C) associado ao condicionamento com ácido hidrofúorídrico a 10%, em cerâmica feldspática.

Embora os resultados obtidos por essa pesquisa quanto à resistência de união da cerâmica vítrea de di-silicato de lítio ao cimento resinoso não possam ser diretamente extrapolados para uma situação clínica, podemos sugerir-lhes para novas estratégias de tratamento de superfície deste tipo de cerâmica a fim de que restaurações indiretas com maior longevidade possam ser realizadas.

## 7 CONCLUSÕES

- O tratamento de superfície empregando o laser de Er:YAG isoladamente apresentou os maiores valores de resistência de união entre cerâmica de di-silicato de lítio e cimento resinoso;
- A utilização da secagem do silano com ar quente conforme os parâmetros desse estudo não resultaram na melhoria da resistência de união.
- As associações dos lasers ao grafite não melhoraram a resistência das cerâmicas ao cimento resinoso, sendo estatisticamente semelhantes ao grupo controle;
- Os menores valores de resistência de união foram verificados na associação do laser Nd:YAG com a cobertura de grafite;
- Os fatores tratamento de superfície e irradiação com lasers influenciam significativamente a resistência de união entre cerâmica de di-silicato de lítio e cimento resinoso, confirmando a hipótese testada.

## 8 REFERÊNCIAS\*

Amoroso AP, Ferreira MB, Torcato LB, Pellizer EP, Mazaro JVQ, Gennari Filho H. Cerâmicas Odontológicas: Propriedades, indicações e considerações clínicas. Revista Odontológica de Araçatuba. 2012 Julho/Dezembro 33(2):19-25.

Akın H, Ozkurt Z, Kirmalı O, Kazazoglu E, Ozdemir AK. Shear Bond Strength of Resin Cement to Zirconia Ceramic After Aluminum Oxide Sandblasting and Various Laser Treatments. Photomedicine and Laser Surgery. 2011;29(12):797-802.

Akyıl MŞ, Yılmaz A, Bayındır F, Duymuş ZY. Microtensile bond strength of resin cement to a feldspathic ceramic. Photomed Laser Surg. 2011Mar;29(3):197-203.

Andrade LEH. Resistência à cárie de esmalte dental irradiado por lasers de Er:YAG e Nd:YAG, avaliada através da morfologia e proporção Ca/P [dissertação]. Araraquara (SP): Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP – Univ Estadual Paulista; 2002.

Akın H, Ozkurt Z, Kirmalı O, Kazazoglu E, Ozdemir AK. Shear Bond Strength of Resin Cement to Zirconia Ceramic After Aluminum Oxide Sandblasting and Various Laser Treatments. Photomedicine and Laser Surgery. 2011;29(12):797-802.

Barcellos DC, Pucci CR, Torres CR, Goto EH, Inocencio AC. Effects of resinous monomers used in restorative dental modeling on the cohesive strength of composite resin. The journal of adhesive dentistry. 2008;10(5):351-4. Epub 2008/12/09.

Barghi N, Berry T, Chung K. Effects of timing and heat treatments of silanated porcelain on the bond strength. J Oral Rehabil. 2000 May;27(5):407-12.

Baron GMM. Resistência de união à cerâmica de cimentos resinosos experimentais contendo um sal derivado do difeniliodônio [dissertação].

Piracicaba (SP): Faculdade de Odontologia de Piracicaba, UNICAMP – Univ Estadual de Campinas;2013.

Barreto BCF, Gaglianone LA, Stape THS, Martins LRM, Soares CJ. Restabelecimento estético e funcional de dentes anteriores com restaurações de cerâmica reforçada por dissilicato de lítio: relato de caso clínico. Rev Dental Press Estét. 2012 jan-mar;9(1):86-94.

Bona AD. Adesão às cerâmicas: evidências científicas para o uso clínico. Ed. Artes Médicas, 2009. [livro]

Borges GA, Sophr AM, de Goes MF, Sobrinho LC, Chan DC. Effect of etching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramics. J Prosthet Dent. 2003 May;89(5):479-88.

Brackett MG, Lockwood PE, Messer RL, Lewis JB, Bouillaguet S, Wataha JC. In vitro cytotoxic response to lithium disilicate dental ceramics. Dent Mater. 2008 Apr;24(4):450-6.

Brugnera Jr A. Estudo da ação dos lasers Er:YAG e Nd:YAG sobre a permeabilidade da dentina das paredes dos canais radiculares instrumentados [tese]. Rio de Janeiro (RJ): Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ - 2001.

Burkes EJ, Hoke J, Gomes E, Wolbarsht M. Wet tissue versus dry enamel ablation by Er:YAG laser. J Prosthet Dent. 1992 June; 67(6):847-51.

Calamia JR. Etched porcelain facial veneers: a new treatment modality based on scientific and clinical evidence. The New York journal of dentistry. 1983;53(6):255-9. Epub 1983/09/01.

Calamia JR, SIMONSEN R. Effect of coupling agents on bond strenght of etched porcelain. J Dent Res, . 1984;63: 62-362,.

Calamia JR, VAIDYANATHAN J, VAIDYANATHAN TK. Shear bond strength of etched porcelains. J Dent Res. 1985;64:296.

Carvalho RF, Martins ME, de Queiroz JR, Leite FP, Ozcan M. Influence of silane heat treatment on bond strength of resin cement to a feldspathic ceramic. Dent Mater J.2011;30(3):392-7.

Cavalcanti AN, Foxton RM, Watson TF, Oliveira MT, Giannini M, Marchi GM. Bond Strength of Resin Cements to a Zirconia Ceramic with Different Surface Treatments. *Operative dentistry*. 2009;34(3):280-7.

Cavalcanti AN, Pilecki P, Foxton RM, Watson TF, Oliveira MT, Gianinni M, Marchi GM. Evaluation of the surface roughness and morphologic features of Y-TZP ceramic after different surface treatments. *Photomed Laser Surg*. 2009 Jun; 27(3):473-9

Della Bona A, van Noort R. Shear vs. tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. J Dent Res. 1995 Sep;74(9):1591-6.

Demir N, Subaşı MG, Ozturk AN. Surface roughness and morphologic changes of zirconia following different surface treatments. Photomed Laser Surg. 2012 Jun;30(6):339-45

Dilber E, Yavuz T, Kara HB, Ozturk NA. Comparison of the effects of surface treatments on roughness of two ceramic systems. Photomed Laser Surg. 2012 Jun;30(6):308-14.

Eduardo CP, Gouw-Soares S, Haypek P. *Dentística Laser*. São Paulo, Artes Médicas. 2002. Capítulo 23. 441-61.

Escribano NI, Del-Nero MO, de la Macorra JC. Inverse relationship between tensile bond strength and dimensions of bonded area. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2003 Jul 15; 66(1): 419-24.

Esquivel-Upshaw JF, Anusavice KJ, Young H, Jones J, Gibbs C. Clinical performance of a lithia disilicate-based core ceramic for three-unit posterior FPDs. *Int J Prosthodont*. 2004 Jul-Aug;17(4):469-75

Etman MK, Woolford MJ. Three-year clinical evaluation of two ceramic crown systems: a preliminary study. *J Prosthet Dent*. 2010 Feb;103(2):80-90

Fabianelli A, Pollington S, Papacchini F, Goracci C, Cantoro A, Ferrari M, van Noort R. The effect of different surface treatments on bond strength between leucite reinforced feldspathic ceramic and composite resin. J Dent. 2010 Jan;38(1):39-43.

Fasbinder DJ, Dennison JB, Heys D, Neiva G. A clinical evaluation of chairside lithium disilicate CAD/CAM crowns: a two-year report. J Am Dent Assoc. 2010 Jun;141

Freitas AP, Sábio S, Costa LC, Pereira JC, Franciscone PAS. Cimentação adesiva de restaurações cerâmicas. *Salusvita - Bauru*, 2005. 24(3):447-57

Foxton RM, Cavalcanti NA, Nakajima M, Pilecki P, Sheriff M, Melo L, Watson TF. Durability of resin cement bond to aluminum oxide and zirconia ceramics after air abrasion and laser treatment. J Prosthodont. 2011 Feb;20(2):84-92.

Freitas Jr AC, Rocha EP, Santos PA, Almeida EO, Anchieta RB, Martin Jr MM, Archangelo CM. Stress distribution in ceramic restorations over natural tooth using finite element analysis. Lithium disilicate x aluminum oxide material. *Int J of Clinical Dentistry*. 2011: 4(1).

Gehrt M, Wolfart S, Rafai N, Reich S, Edelhoff D. Clinical results of lithium-disilicate crowns after up to 9 years of service. Clin Oral Investig. 2013 Jan;17(1):275-84

Ghassemieh E. Evaluation of sources of uncertainties in microtensile bond strength of dental adhesive system for different specimen geometries. Dent Mater. 2008 Apr;24(4):536-47.

Gomes EA, Assunção WG, Rocha EP, Santos PH. Cerâmicas Odontológicas: o estado atual. *Cerâmica*. 2008; 54:319-25.

Gomes AL, Ramos JC, Santos-Del Riego S, Montero J, Albaladejo A. Thermocycling effect on microshear bond strength to zirconia ceramic using Er:YAG and tribochemical silica coating as surface conditioning. Lasers Med Sci. 2013 Sep 7.

Guarda GB, Correr AB, Gonçalves LS, Costa AR, Borges GA, Sinhorette MA, Correr-Sobrinho L. Effects of surface treatments, thermocycling, and cyclic loading on the bond strength of a resin cement bonded to a lithium disilicate glass ceramic. Oper Dent. 2013 Mar-Apr;38(2):208-17.

Heintze SD, Cavalleri A, Zellweger G, Buchler A, Zappini G. Fracture frequency of all-ceramic crowns during dynamic loading in a chewing simulator using different loading and luting protocols. *Dent Mater.* 2008 Oct;24(10):1352-61.

Höland W, Schweiger M, Frank M, Rheinberger V. A comparison of the Microstructure and properties of the IPS Empress 2 and the IPS Empress glass-ceramics. *J Biomed Mater Res.* 2000;53(4):297-303

ISO/TS 11405:2003(E): Dental materials — Testing of adhesion to tooth structure

Ivoclar Vivadent, Instruções de uso – Sistema IPS e.max Press – Ivoclar Vivadent, Liechtenstein. 2009.

Kara HB, Dilber E, Koc O, Ozturk AN, Bulbul M. Effect of different surface treatments on roughness of IPS Empress 2 ceramic. *Lasers Med Sci.* 2012 Mar;27(2):267-72.

Kitayama S, Nikaido T, Ikeda M, Alireza S, Miura H, Tagami J. Internal coating of zirconia restoration with silica-based ceramic improves bonding of resin cement to dental zirconia ceramic. *Bio-Medical Materials and Engineering.* 2010;20:77-87.

Kiyan VH, Saraceni CHC, Silveira BL, Aranha ACC, Eduardo CP. The Influence of Internal Surface Treatments on Tensile Bond Strength for Two Ceramic Systems. *Operative dentistry.* 2007;32(5):457-65.

Kosmac T, Oblak C, Jevnikar P, Funduk N, Marion L. The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. *Dent Mater.* 1999 Nov;15(6):426-33.

Kumbuloglu O, Lassila LV, User A, Toksavul S, Vallittu PK. Shear bond strength of composite resin cements to lithium disilicate ceramics. *J Oral Rehabil.* 2005 Feb;32(2):128-33.

Liu L, Liu S, Song X, Zhu Q, Zhang W. Effect of Nd: YAG laser irradiation on surface properties and bond strength of zirconia ceramics. *Lasers Med Sci.* 2013 Jul 5.

Marinho CC. Influência do tratamento de superfície pós condicionamento e da ciclagem termomecânica na resistência à fratura de coroas cerâmicas [dissertação]. São Jospe dos Campos (SP): Instituto de Ciência e Tecnologia de de São José dos Campos, UNESP – Univ Estadual Paulista;2007.

Monticelli F, Toledano M, Osorio R, Ferrari M. Effect of temperature on the silane coupling agents when bonding core resin to quartz fiber posts. *Dent Mater.* 2006 Nov;22(11):1024-8.

Nagai T, Kawamoto Y, Kakehashi Y, Matsumura H. Adhesive bonding of a lithium disilicate ceramic material with resin-based luting agents. *J Oral Rehabil.* 2005 Aug;32(8):598-605.

Ozcan M, Nijhuis H, Valandro LF. Effect of various surface conditioning methods on the adhesion of dual-cure resin cement with MDP functional monomer to zirconia after thermal aging. *Dent Mater J.* 2008 Jan;27(1):99-104.

Papacchini F, Monticelli F, Hasa I, Radovic I, Fabianelli A, Polimeni A, et al. Effect of airdrying temperature on the effectiveness of silane primers and coupling blends in the repair of a microhybrid resin composite. *The journal of adhesive dentistry.* 2007;9(4):391-7. Epub 2007/09/13.

Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentine bonding agents: a review. *Dent Mater* 1995;11(March):117–25.

Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. *Dent Mater.* 1998 Jun;14(3):212-21.

Pucci CR, Barcellos DC, Palazon MT, Borges AB, da Silva MA, de Paiva Goncalves SE. Evaluation of the Cohesive Strength between Resin Composite and Light-curing Characterizing Materials. *The journal of adhesive dentistry.* 2011. Epub 2011/09/22.

Sano H, Ciucchi B, Matthews WG, Pashley DH. Tensile properties of mineralized and demineralized human and bovine dentin. *J Dent Res.* 1994 Jun;73(6):1205-11.

Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, Pashley DH. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond



strength--evaluation of a micro-tensile bond test. Dent Mater. 1994 Jul;10(4):236-40.

Siedschlag G. Influência da limpeza pós-condicionamento e do método de secagem do silano sobre a união resina-cerâmica [dissertação]. Florianópolis (SC): Campus de Florianópolis, UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina; 2013.

Silveira BL, Paglia A, Burnett LH, Shinkai RS, Eduardo CP, Spohr AM. Micro-tensile bond strength between a resin cement and an aluminous ceramic treated with Nd:YAG laser, Rocatec System, or aluminum oxide sandblasting. Photomed Laser Surg. 2005;23(6):543-8.

Stevenson B, Ibbetson R. The effect of the substructure on the colour of samples/restorations veneered with ceramic: a literature review. J Dent. 2010; 38(5):361-8.

Solá-Ruiz MF, Lagos-Flores E, Román-Rodríguez JL, Highsmith Jdel R, Fons-Font A, Granell-Ruiz M. Survival rates of a lithium disilicate-based core ceramic for three-unit esthetic fixed partial dentures: a 10-year prospective study. Int J Prosthodont. 2013 Mar-Apr;26(2):175-80.

Spohr AM. Efeito do tratamento de superfície e do silano na resistência à tração da união entre cerâmica de infraestrutura IPS Empress 2 e agentes cimentantes. [tese] Campinas (SP): Faculdade de Odontologia de Piracicaba, UNICAMP- Universidade Estadual de Campinas; 2001.

Spohr AM, Sobrinho LC, Consani S, Sinhoreti MA, Knowles JC. Influence of surface conditions and silane agent on the bond of resin to IPS Empress 2 ceramic. Int J Prosthodont. 2003 May-Jun;16(3):277-82.

Taskonak B, Sertgöz A. Two-year clinical evaluation of lithia-disilicate-based all-ceramic crowns and fixed partial dentures. Dent Mater. 2006 Nov;22(11):1008-13.

Tysowsky GW. The science behind lithium disilicate: a metal-free alternative. Dent Today. 2009 Mar;28(3):112-3.

Usumez A, Hamdemirci N, Koroglu BY, Simsek I, Parlar O, Sari T. Bond strength of resin cement to zirconia ceramic with different surface treatments. Lasers Med Sci. 2013 Jan;28(1):259-66.

Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater*, 2010; 26: 100-22.

Valenti M, Valenti A. Retrospective survival analysis of 261 lithium disilicate crowns in a private general practice. *Quintessence Int*. 2009 Jul-Aug;40(7):573-9

Vanderlei A, Bottino M, Valandro L. Evaluation of Resin Bond Strength to Yttria-stabilized Tetragonal Zirconia and Framework Marginal Fit: Comparison of Different Surface Conditionings. *Oper Dent*. 2013 Apr 15.

Vidotti HA. Influência da ciclagem térmica e mecânica em água na resistência ao cisalhamento da união infraestrutura/porcelana de cobertura em diferentes sistemas totalmente cerâmicos [tese]. Bauru (SP): Faculdade de Odontologia de Bauru, USP-Universidade de São Paulo; 2011.

Wolfart S, Eschbach S, Scherrer S, Kern M. Clinical outcome of three-unit lithium-disilicate glass-Ceramic fixed dental prostheses: up to 8 years results. *Dent Mater*. 2009 Sep;25(9):e63-71.

Yavuz T, Dilber E, Kara HB, Tuncdemir AR, Ozturk AN. Effects of different surface treatments on shear bond strength in two different ceramic systems. *Lasers Med Sci*. 2012 Sep 13.

Zidan O, Ferguson GC. The retention of complete crowns prepared with three different tapers and luted with four different cements. *J Prosthet Dent*. 2003;89(6):565-71.

Zortuk M, Kilic K, Gurbulak AG, Kesim B, Uctasli S. Tensile bond strength of a lithium-disilicate pressed glass ceramic to dentin of different surface treatments. *Dent Mater J*. 2010 Aug;29(4):418-24.