

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Lucas Campagnaro Maciel**

**INFLUÊNCIA DO RETRATAMENTO DE SUPERFÍCIE  
E RECIMENTAÇÃO NA RESISTÊNCIA ADESIVA DA  
INTERFACE ZIRCÔNIA/CIMENTO RESINOSO**

**Taubaté - SP**  
**2019**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Lucas Campagnaro Maciel**

**INFLUÊNCIA DO RETRATAMENTO DE SUPERFÍCIE  
E RECIMENTAÇÃO NA RESISTÊNCIA ADESIVA DA  
INTERFACE ZIRCÔNIA/CIMENTO RESINOSO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Odontologia do Departamento de Odontologia da Universidade de Taubaté.

**Área de concentração:** Prótese Dentária

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Laís Regiane da Silva Concílio

**Taubaté - SP**  
**2019**

**LUCAS CAMPAGNARO MACIEL**

Data: 16 / 05 / 2019

Resultado: \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Laís Regiane da Silva Concílio

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

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marina Amaral

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

Prof. Dr. Rafael Pino Vitti

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

Prof. Dr. Kusai Baroudi

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

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Renata Marques de Melo Marinho

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

*Dedico este trabalho à minha mãe, Magna Ignez Campagnaro, por abrir  
mão dos seus próprios sonhos para que eu alcançasse os meus;*

*À minha esposa, Paula Del Puppo, pelo amor, companheirismo, apoio  
incondicional, sabedoria e paciência nos momentos mais delicados da  
caminhada;*

*Ao meu irmão, Gabriel Campagnaro Maciel, incentivador e companheiro  
inseparável da minha vida;*

*Ao meu filho, Arthur Del Puppo Campagnaro, meu combustível diário  
para viver.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as bênçãos derramadas em minha vida. Por me guiar e me fortalecer sempre quando precisei. Sem ELE essa conquista não seria possível.

A minha mãe Magna Ignez Campagnaro, meu porto seguro, em quem me espelho diariamente. Pela criação, ensinamentos, apoio e amor incondicional.

Ao meu Pai Carlos Arantes Maciel (*in memoriam*), pelo seu imenso amor e ensinamentos. Aqui termina mais uma dívida moral.

Ao meu irmão Gabriel Campagnaro Maciel. Pelo seu amor, incentivo, amizade e torcida. Com quem posso contar para tudo. Meu melhor amigo. Estaremos sempre juntos, um pelo outro.

A minha esposa Paula Del Puppo Maciel, pelo respeito, carinho, companheirismo e amor, sempre me incentivando a conseguir concretizar mais esta etapa da minha formação profissional. Pela paciência em administrar minhas angustias e entender os momentos que estive ausente. Por sonhar os meus sonhos comigo.

A todos meus colegas de pós-graduação pelos momentos que passamos juntos tornando a jornada mais leve, em especial ao meu amigo Adriano Relvas pela parceria e troca de experiência durante estes anos.

Aos amigos Ricardo Huver e Geraldo Marcio pela parceria profissional e acima de tudo, pela cumplicidade e amizade. Grandes incentivadores deste projeto.

A Universidade UNITAU e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UNITAU por todo conhecimento compartilhado.

Em especial a Profa. Dra. Laís Regiane da Silva Concílio, por aceitar o desafio de orientar este trabalho e pela habilidade em conduzir todo o processo de produção com serenidade e sabedoria. Por sempre me motivar a fazer o meu melhor. Pelas orientações precisas e pontuais.

A Profa. Dra. Marina Amaral, pelo amparo, paciência e conhecimento dedicado. Sempre muito solícita e fundamental para a finalização deste trabalho.

Ao Instituto de Ciência e Tecnologia ICT-SJC/UNESP de São José dos Campos/SP na pessoa dos professores doutores Marco Antônio Bottino, Renata Marques de Melo Marinho e Alexandre Luiz Souto Borges, responsáveis pelo Laboratório de Materiais Odontológico/Prótese e pelo laboratório de Bioengenharia, pela disponibilização da estrutura e dos equipamentos (termocicladora, estereomicroscópio, MEV e goniômetro).

A Thaís Cachuté Paradella (UNESP/SJC) pelo auxílio com os microscópios e obtenção das imagens.

A Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), na pessoa da Profa. Dra. Claudia Battitucci dos Santos Daroz por autorizar a utilização do laboratório de Pesquisada em Odontologia do Departamento de Prótese – UFES.

## RESUMO

**Objetivo:** Avaliar a influência de diferentes cimentos resinosos e tratamentos de superfície da cerâmica a base de zircônia na resistência de união (RU), bem como a influência do retratamento e recimentação na RU, rugosidade de superfície e molhabilidade desta mesma cerâmica, além de analisar a superfície de fratura e os tipos de falhas após ruptura de união da interface desta cerâmica com o cimento resinoso auto-adesivo. **Metodologia:** Para execução desta tese, foram elaborados dois artigos científicos, onde no capítulo A os materiais e métodos aplicados e resultados obtidos, auxiliaram na consolidação da determinação dos materiais, técnicas e estratégia metodológica para execução do capítulo B. Dessa forma, no capítulo A foi delineado um estudo com objetivo de avaliar a influência dos tratamentos de superfícies e dos cimentos resinosos na RU entre a interface da cerâmica a base de zircônia e resina composta. Os tratamentos de superfície propostos foram: ponta diamantada extrafina, jateamento com  $Al_2O_3$  de  $50\mu m$  jateamento com  $Al_2O_3$  + primer cerâmico e os cimentos estudados foram os resinosos convencional e autoadesivo. Foi utilizado o teste de cisalhamento para verificar a RU nos grupos experimentais. Já o estudo do capítulo B teve como objetivo avaliar a influência da repetição do tratamento de superfície e da recimentação na RU da interface cerâmica a base de zircônia/cimento resinoso auto-adesivo, bem como a influência do retratamento de superfície na molhabilidade e rugosidade superficial da cerâmica. Foram realizadas imagens de microscopia eletrônica de varredura para análise descritiva dos diferentes tratamentos de superfície propostos além da análise dos tipos de falhas após ensaio de microcisalhamento. Buscando simular aproximação das condições clínicas, em casos de falha adesiva de restaurações metal free confeccionadas com sistemas cerâmicos a base de zircônia e recimentação das mesmas, neste estudo foram propostos tratamentos de superfícies, cimentação de cilindros de cimento resinoso auto-adesivo, termociclagem, ensaio de microcisalhamento, análise dos tipos de falhas, análise da rugosidade de superfície e da molhabilidade em dois momentos distintos: tempo 1 - tratamento/cimentação e tempo 2 - retratamento/recimentação. No tempo 1 os tratamentos propostos foram jateamento com  $Al_2O_3$  de  $110\mu m$  e Rocatec Plus. Já no tempo 2 foram executados, além da repetição destes, o ajuste com ponta diamantada fina e a combinação da ponta diamantada tanto com  $Al_2O_3$  de  $110\mu m$  quanto com o Rocatec Plus. **Resultados:** No capítulo A pode-se observar que o cimento resinoso auto-adesivo apresentou melhores valores de RU e a aplicação do primer após o jateamento com  $Al_2O_3$  não proporcionou aumento da RU. Já no capítulo B observou-se que a aplicação do Rocatec Plus como estratégia para retratamento de superfície destacou-se por proporcionar resultados semelhantes ou melhores aos alcançados na cimentação inicial. **Conclusão:** A utilização do cimento resinoso auto-adesivo assim como o retratamento e a recimentação da cerâmica a base de zircônia podem ser uma estratégia clínica indicada.

**Palavras-chave:** Cerâmica; Cimentação; Prótese Dentária; Resistência ao Cisalhamento.

## ABSTRACT

**Objective:** Evaluate the influence of different resin cements and surface treatments of zirconia-based ceramic on bond strength (BS), as well the influence of retreatment and recemented on BS, surface roughness and wettability of the same ceramic, including surface fracture analyses and failures mode after union rupture of the ceramic interface with the self-adhesive resin cement. **Methods:** In order to carry out this work, 2 scientific articles were elaborated, where in chapter A the materials and methods applied and results obtained allowed to consolidate the establishment of the materials, techniques and methodological strategy for the execution of chapter B. Chapter A study was designed to evaluate the influence of surface treatments and resin cements on the bond strength between the zirconia and composite resin interface. The proposed surface treatments were: extrafine diamond bur, 50  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  sandblasting and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sandblasting + primer, and the cements studied were conventional and self-adhesive resin. The shear bond strength test was used in the experimental groups. However, the study of chapter B had as objective to evaluate the influence of the surface retreatment and the recemented in the BS of the zirconia-based ceramics/ self-adhesive resin cement interface, as well as the influence of surface retreatment on wettability and surface roughness of the ceramic. Scanning electron microscopy images were performed for a descriptive analysis of the different surface treatments proposed, besides the analysis of the mode of failure after the micro-shear bond strength test. Aiming to simulate approximation of the clinical conditions, in cases of adhesive failure of metal free restorations made with zirconia-based ceramics and recemented of these, in this study, surface treatment, cementing of self-adhesive resin cement cylinders, thermocycling, micro-shear test, failure type analysis, surface roughness and wettability analysis were proposed at two different times: time 1 - treatment / cemented and time 2 - retreatment / recemented. At time 1, the proposed treatments 110  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  sandblasting and Rocatec Plus. In time 2, in addition to the repetition of these, the adjustment with fine diamond bur and the combination of the diamond bur with both 110  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  sandblasting and Rocatec Plus were executed. **Results:** In chapter A it can be concluded that the self-adhesive resinous cement had better BS values and the application of the primer after the blasting with  $\text{Al}_2\text{O}_3$  did not increase the BS. In chapter B, it was concluded that the application of Rocatec Plus as a strategy for surface retreatment was highlighted by providing results similar or better to those achieved in the initial cementation. **Conclusion:** The use of self-adhesive resin cement as well as retreatment and recemented of zirconia-based ceramics may be an indicated clinical strategy.

**Keywords:** Ceramics; Cementation; Dental Prosthesis; Shear Strength.



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2. CAPÍTULOS</b>	<b>14</b>
<b>2.1. CAPÍTULO A</b>	<b>14</b>
<b>2.2. CAPÍTULO B</b>	<b>35</b>
<b>3. CONCLUSÕES</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Baseado em sua composição estrutural, existem três principais classes de cerâmicas odontológicas: as cerâmicas de matriz de vidro, as cerâmicas policristalinas e as cerâmicas de matriz resinosa (Gracis et al., 2015). Basicamente, cerâmicas altamente estéticas são predominantemente vítreas e cerâmicas estruturalmente resistentes à fratura são geralmente policristalinas (Kelly & Benetti, 2011). Dessa maneira, vale ressaltar que as propriedades e limitações dos diferentes sistemas cerâmicos disponíveis no mercado condicionam as indicações e restrições da sua aplicação de acordo com a necessidade clínica (Rashid, 2014).

Frente ao surgimento de novas tecnologias e ao aumento das exigências dos pacientes, foram desenvolvidos materiais cerâmicos com propriedades mecânicas e estéticas adequadas para serem empregados tanto em reabilitações anteriores quanto em áreas de elevada força mastigatória, sem que houvesse a necessidade de uma subestrutura metálica (Oliveira & Rabello, 2017; Cantner et al., 2019). Por apresentarem características como alta resistência à flexão e tenacidade à fratura, biocompatibilidade, estabilidade química e propriedades ópticas favoráveis, as cerâmicas policristalinas à base de zircônia têm se tornado o material eletivo para substituições das tradicionais restaurações metalo-cerâmicas (Casucci et al., 2011; Silva et al., 2014; Zhang et al., 2014; Denry & Kelly, 2014).

Entretanto, uma desvantagem da zircônia Y-TZP é sua degradação frente à umidade e presença de fluidos, tornando importante a seleção adequada do agente cimentante para que seja alcançada a longevidade do tratamento protético. O cimento, além de garantir retenção, deve impedir que a superfície interna da zircônia

entre em contato com a umidade dos fluídos dentinário e do meio bucal (Mirmohammadi et al., 2010; Nakamura et al., 2011).

Embora a cimentação de peças protéticas a base de zircônia Y-TZP através dos cimentos convencionais (cimento de ionômero de vidro e fosfato de zinco) garanta boa retenção mecânica, o risco de falhas deve ser considerado, tendo visto que tais cimentos apresentam solubilidade relativamente alta em ambiente oral. Dessa forma, por proporcionar melhor selamento/adaptação marginal e conseqüentemente menor risco de microinfiltração, maior retenção e resistência à fratura da prótese e do dente, é preferível a utilização de cimentos resinosos através da técnica da cimentação adesiva (Casucci et al, 2012; Erdem et al., 2014).

No entanto, as propriedades físicas e químicas das cerâmicas a base de zircônia não favorecem a união aos cimentos resinosos, sendo mandatório a aplicação de estratégias técnicas (pré-tratamento da sua superfície) diferentes daquelas usadas para cerâmicas com alto conteúdo de sílica, previamente a interposição do cimento resinoso, visando melhores resultados em termos de adesão e conseqüentemente maior taxa sucesso clínico (Rippe et al., 2015; Samimi et al., 2015).

Diversos têm sido os estudos em busca de respostas acerca do melhor protocolo de cimentação da cerâmica a base de zircônia. Embora existam diferentes métodos/propostas de tratamentos de superfície (mecânicos, químicos e químicos-mecânicos), o jateamento da peça cerâmica com partículas de óxido de alumínio (tratamento mecânico) e o jateamento com partículas de óxido de alumínio revestido por sílica e subsequente aplicação do silano (químico-mecânico) destacam-se por serem simples, funcionais e amplamente utilizados (Zhang et al., 2014; Samimi et al., 2015; Queiroz et al., 2015; Mahmoodi et al., 2016; Tzanakakis et al., 2016; Mehl

et al., 2018).

Baseado na problemática da cimentação e conseqüentemente da adesão entre os cimentos e a cerâmica a base de zircônia, muitos estudos clínicos destacam a perda de retenção da peça protética como um dos principais problemas do uso desse tipo de cerâmica, atribuindo este fato às consideráveis taxas de insucesso clínico (Örtorp et al., 2012; Schmitter et al., 2012; Orsi et al., 2014; Le et al., 2015; Pjetursson et al., 2015; Dogan et al., 2017; Tey et al., 2017; Cheng et al., 2019; Maroulakos et al., 2019)

Em revisão sistemática da literatura, Pjetursson et al. (2015) e Sailer et al. (2015) descrevem que a incidência de perda de retenção é significativamente maior para restaurações cerâmicas a base de zircônia quando comparadas às próteses totalmente cerâmicas confeccionadas com outros materiais cerâmicos.

Em estudo de acompanhamento clínico com objetivo de avaliar o desfecho geral de coroas à base de zircônia cimentadas sobre dentes, Örtorp et al. (2009) relatam uma taxa de complicação clínica de 16% após 3 anos de acompanhamento e que 7% dessas complicações foram atribuídas à perda da retenção da peça protética. Schmitter et al. (2012) destacam em seu estudo que das vinte e duas próteses parciais fixas extensas a base de zircônia acompanhadas por 5 anos, quatro apresentaram perda da retenção (soltaram). Rinke et al. (2018) destacam que após um período de observação clínica de 10 anos de 99 próteses parciais fixas de 3 e 4 elementos a base de zircônia apenas 13 peças apresentaram falhas absolutas e que dessas, 5 foram falhas associadas a perda de retenção.

No cotidiano, o cirurgião dentista se depara com a necessidade de intervir nesta intercorrência e de acordo com o cenário clínico (integridade do preparo e da

peça protética e adaptação da peça ao preparo), uma possível estratégia adotada é a execução de novos tratamentos de superfície, tanto da peça protética quanto do dente pilar e a nova cimentação desta peça cerâmica que sofreu perda da retenção (Martins et al., 2012; Granell et al., 2014; St Germain Jr & St Germain, 2015).

Apesar da existência de diversos estudos acerca da influência dos diferentes tratamentos de superfície na resistência de união da cerâmica a base de zircônia (Yamaguchi et al., 2012; Inokoshi et al., 2014; Kirmali et al., 2015; Sciasci et al., 2015), a verificação da influência da repetição do tratamento de superfície e da repetição da cimentação de peças protéticas em situações clínicas favoráveis como as descritas acima, ainda é fator de estudo para melhor compreensão e indicação segura de tal procedimento sem ônus à resistência de união.

Em face do que foi apresentado, torna-se importante a execução de tratamentos reabilitadores que sejam eficazes, de qualidade, com evidência científica e que proporcionem economia financeira e de tempo para o profissional e paciente. Diante do exposto, pesquisar a influência da repetição do tratamento de superfície da cerâmica policristalina a base de zircônia bem como a repetição da cimentação na resistência de união da interface com a resina composta traz a oportunidade de analisar resultados que podem auxiliar na confirmação desta indicação de forma segura.

## 2. CAPÍTULOS

### 2.1 CAPÍTULO A

(Journal of Health Sciences)

**TÍTULO EM PORTUGUÊS:** Influência do tratamento de superfície e dos cimentos resinosos na resistência de união entre a interface zircônia Y-TZP e resina composta.

**TÍTULO EM INGLÊS:** Influence of surface treatment and resin cements on the bond strength between the Y-TZP zirconia and composite resin interface.

Autores:

1 - **Lucas Campagnaro Maciel**, Universidade de Taubaté – UNITAU, Taubaté, SP, Brasil; Mestre em clínica Odontológica –[lucascmaciel@hotmail.com](mailto:lucascmaciel@hotmail.com)

2 - **Amanda Pádua Proeza**, Escola Superior São Francisco de Assis – ESFA, Santa Teresa, ES, Brasil; Graduada em Odontologia – [amandaproeza@hotmail.com](mailto:amandaproeza@hotmail.com)

3 - **Hélyda Coelho Guimarães Balbino**, Escola Superior São Francisco de Assis – ESFA, Santa Teresa, ES, Brasil; Graduada em Odontologia – [helydacoelho@hotmail.com](mailto:helydacoelho@hotmail.com)

4 - **Marcela Moráo Corteletti**, Escola Superior São Francisco de Assis – ESFA, Santa Teresa, ES, Brasil; Graduada em Odontologia – [marcelacorteletti@hotmail.com](mailto:marcelacorteletti@hotmail.com)

5 - **Ricardo Huver de Jesus**, São Leopoldo Mandic, Campinas, SP, Brasil; Mestre em Odontologia – [ricardohuver@hotmail.com](mailto:ricardohuver@hotmail.com)

6 - **Laís Regiane da Silva Concílio**, Universidade de Taubaté – UNITAU, Taubaté, SP, Brasil; Doutora em Prótese Dentária – [regiane1@yahoo.com](mailto:regiane1@yahoo.com)

Autor para correspondência:

Lucas Campagnaro Maciel

Rua Desembargador Euripdes Queiroz do Vale, 550, apt 907 - Jardim Camburi, Vitória, Espírito Santo, Brasil.

Cep 29090-090

Telefone: 27 3376-3119 / Celular: 27 9.8826-1708.

Email: [lucascmaciel@hotmail.com](mailto:lucascmaciel@hotmail.com)

## RESUMO

A evolução dos materiais odontológicos e o aprimoramento dos sistemas cerâmicos impulsionaram o aumento da utilização da cerâmica a base de zircônia Y-TZP. Apesar do excelente desempenho mecânico, este material apresenta baixo potencial de adesão. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência dos tratamentos de superfícies e dos cimentos resinosos na resistência de união entre a interface zircônia Y-TZP e resina composta. Foram confeccionados 60 blocos de zircônia Y-TZP (3x8x8 mm) e divididos em 03 grupos de acordo com os tratamentos de superfícies que receberam: (C) controle - ponta diamantada extrafina, (J) jateamento com  $Al_2O_3$  e (JP) jateamento com  $Al_2O_3$  + primer cerâmico. Cada grupo foi subdividido em dois novos grupos de acordo com tipo de cimento resinoso utilizado para cimentação de discos de resina composta (2mm de espessura x 5mm de diâmetro): auto-adesivo e resinoso convencional (n=10). As amostras foram armazenadas em água destilada por 24 horas a  $37\pm 1^\circ C$  em estufa e posteriormente submetidas ao teste de cisalhamento para averiguar a resistência de união (RU). Não houve diferença significativa na RU entre os tratamentos de superfície quando utilizado o cimento resinoso convencional. Para o cimento resinoso auto-adesivo o jateamento com  $Al_2O_3$  e o jateamento de  $Al_2O_3$  + primer aumentaram a RU porém não apresentaram diferenças significativas entre si ( $p < 0,05$ ). Comparando os cimentos observou-se que, independente do tratamento de superfície, os maiores valores foram para o cimento resinoso auto-adesivo ( $p < 0,05$ ). A aplicação do primer após o jateamento com  $Al_2O_3$  não proporcionou aumento da RU.

**Palavras-chave:** Prótese dentária, Cerâmica, Cimentos dentários, Resistência ao cisalhamento.

## ABSTRACT

The evolution of dental materials and the improvement of ceramic systems stimulated the increased use of Y-TZP zirconia-based ceramics. Despite the excellent mechanical performance, this material has low adhesion potential. The objective of this work was to evaluate the surface treatments and resin cements influence on bond strength between Y-TZP zirconia and composite resin interface. A total of 60 blocks of Y-TZP zirconia (3x8x8mm) were prepared and divided into 3 groups according to the surface treatments: (C) control - extra fine diamond bur, (J) sandblasting with  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and (JP) sandblasting with  $\text{Al}_2\text{O}_3$  + ceramic primer. Each group was subdivided into two groups according to type of resin cement used for cementing composite resin discs (2mm thick x 5mm diameter): self-adhesive and conventional (n=10). The samples were stored in distilled water for 24 hours at  $37\pm 1^\circ\text{C}$  in a incubator and subsequently submitted to the shear bond test to determine the bond strength (BS). There was no significant difference in BS between surface treatments when using conventional resin cement. For the self-adhesive resin cement,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  blasting and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  + primer blasting increased the BS, but did not present significant differences between them ( $p < 0.05$ ). Comparing the cements, it was observed that independently of the surface treatment, the highest values were for the self-adhesive resin cement ( $p < 0.05$ ). Application of the primer after blasting with  $\text{Al}_2\text{O}_3$  did not increase BS.

**Keywords:** Dental Prosthesis, Ceramics, Dental cements, Shear strength.



## INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por reabilitações estéticas tem impulsionado o desenvolvimento de materiais restauradores que sejam capazes de atender tal necessidade. Paralelamente, as cerâmicas odontológicas têm sido objeto de variadas pesquisas devido à constante evolução deste material bem como ao aumento de sua aplicação<sup>1</sup>. Características e limitações dos diferentes sistemas cerâmicos disponíveis no mercado predizem as indicações e restrições do seu uso dependente da necessidade clínica<sup>2,3</sup>.

Por serem capazes de reproduzirem as características ópticas do elemento dental e apresentarem características como resistência à compressão, condutibilidade térmica, estabilidade química, radiopacidade, integridade marginal e biocompatibilidade, as cerâmicas se tornaram o principal material na odontologia estética restauradora<sup>2,4-8</sup>.

Devido aos avanços na tecnologia CAD/CAM (*Computer Assisted Design/Computer Assisted Machining*) e ao aprimoramento de materiais cerâmicos tão resistentes quanto capazes de mimetizarem as características dentárias, as próteses à base de cerâmica policristalina, como por exemplo a zircônia Y-TZP (zircônia tetragonal parcialmente estabilizada por Ítrio), se tornaram uma excelente alternativa às próteses metalo-cerâmicas<sup>9</sup>.

Apesar de seu desempenho mecânico (tenacidade à fratura, resistência à flexão, comportamento sob fadiga mecânica) ser superior às outras cerâmicas, a ausência ou a limitada presença de vidro na zircônia Y-TZP faz com que ela seja considerada uma cerâmica ácido-resistente ao ácido fluorídrico e apresente como uma das principais desvantagens, um baixo potencial de adesão aos cimentos

resinosos. Dessa maneira, o tradicional tratamento de sua superfície com ácido fluorídrico a 10% de 30 a 60 segundos seguido pela aplicação de silano torna-se ineficaz, inviabilizando o processo de adesão por meio da cimentação adesiva, quando adotada tal estratégia<sup>10-12</sup>.

Mesmo que já esteja consolidado o uso da zircônia Y-TZP na odontologia, ainda não existe um consenso acerca do protocolo ideal para sua cimentação. Diversos têm sido os tratamentos de superfície descritos na literatura e entre eles destacam-se o tratamento mecânico por meio de jateamento da peça com partículas de óxido de alumínio, promovendo micro porosidades responsáveis pelas retenções micromecânicas, e o tratamento químico através do uso de *primers* específicos para zircônia responsáveis pela formação de ligações químicas entre o cimento, a cerâmica e o substrato dentário<sup>6,12-17</sup>.

Neste contexto, é importante ressaltar que um dos problemas clínicos comumente associados a utilização da zircônia Y-TZP está relacionado à perda da retenção (falha adesiva) da peça protética<sup>18-21</sup>. Pelo fato da odontologia experimentar uma evolução singular no início deste novo século, disponibilizando uma grande variedade de técnicas e materiais, torna-se importante a execução de reabilitações eficazes, com resultados cientificamente comprovados, proporcionando economia financeira e otimização de tempo tanto para o profissional quanto para o paciente.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência dos tratamentos de superfícies e dos cimentos resinosos na resistência de união entre a interface zircônia Y-TZP e resina composta. As hipóteses nulas testadas foram: (1) Os diferentes tratamentos de superfícies não influenciarão na resistência adesiva da interface zircônia Y-TZP/resina composta e (2) os cimentos resinosos auto-adesivo e

convencional utilizados neste estudo proporcionarão a mesma resistência adesiva frente aos diferentes tratamentos de superfície da zircônia Y-TZP.

## MATERIAL E MÉTODOS

### DELINEAMENTO E GRUPOS EXPERIMENTAIS

Após confeccionados e incluídos em resina acrílica, 60 blocos de zircônia Y-TZP (Zirkon Prettau, Zirkonzahn GmbH, Bruneck, Itália) foram divididos aleatoriamente em três grupos (20 blocos cada) de acordo com o tratamento de superfície que receberam: (C - controle) – ponta diamantada extrafina de 30 µm (Ponta diamantada 4138 FF, KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil), (J) Jateamento com Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>50 µm (Bio-Art Equip Odontol Ltda, São Carlos, SP, Brasil) e (JP) Jateamento com Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>50 µm seguido pela aplicação de *primer* cerâmico (*Primer Yzap*, Yllor, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil). Em seguida, cada grupo foi novamente dividido de acordo com o cimento utilizado (n=10): resinoso convencional (Rely X ARC, 3M ESPE, St Paul, MN, Estados Unidos) e auto-adesivo (Rely X U200, 3M ESPE, St Paul, MN, Estados Unidos). Discos de resina composta (Filtek Z350 XT, 3M ESPE, St Paul, MN, Estados Unidos) foram cimentados sobre a superfície cerâmica tratada e em seguida, as amostras foram submetidas ao ensaio de cisalhamento. O fluxograma da pesquisa e os materiais utilizados no presente estudo estão descritos, respectivamente, na figura 1 e quadro 1.

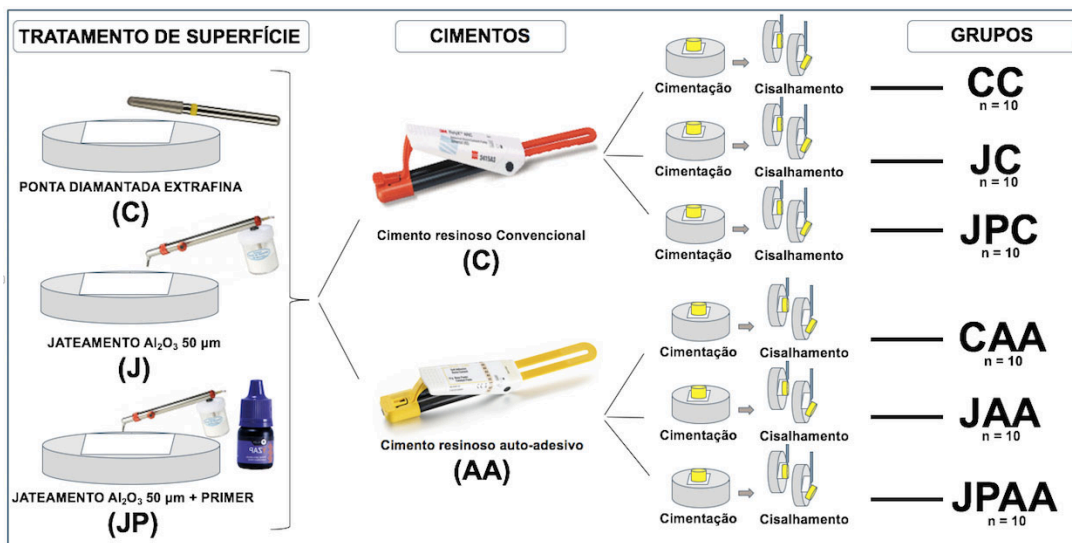


Figura 1. Fluxograma do estudo

Quadro 1: Materiais usados no estudo

Materiais	Composição	Marca comercial
Cerâmica	Cerâmica a base de zircônia Y-TZP: Óxido de zircônia 97% Óxido de Ítrio 3%	Zirkon Prettau, Zirkonzahn GmbH, Bruneck, Itália
Cimento resinoso convencional	Pasta A: 68% de partículas de carga (zircônia/sílica), pigmentos, amina e sistema fotoiniciador. Pasta B: 67% de partículas de carga, peróxido de benzoíla.	Rely X ARC, 3M ESPE, St. Paul, MN, Estados Unidos
Cimento resinono auto-adesivo	Pasta base: Monômeros de metacrilato fosfatados, monômeros de metacrilato, cargas silanadas, componentes iniciadores, estabilizadores, aditivos reativos Pasta catalisadora: Monômeros de metacrilato, preenchedores alcalinos (básicos), silanados, Componentes iniciadores, Estabilizantes, Pigmentos, Aditivos reativos	Rely X U200, 3M ESPE, St. Paul, MN, Estados Unidos
Resina composta	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, PEGDMA, Bis-EMA Partículas: sílica / zircônia, Fotoiniciador	Filtek Z350XT, 3M ESPE, St Paul, Estados Unidos
Ponta diamantada extrafina	Ponta diamantada revestida por grânulos de diamante de 30 µm	KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil
Jato de óxido de alumínio	Partículas de óxido de alumínio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) de 50 µm jateadas por intermédio de um micro-jato	Bio-Art Equip Odontol Ltda, São Carlos, São Paulo, Brasil
Silano	Silano pré-hidrolizado	Primer Yzap, Yller, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil

## CONFECÇÃO E INCLUSÃO DOS BLOCOS CERÂMICOS

Sessenta (60) blocos pré-sinterizados de zircônia Y-TZP (Zirkon Prettau, Zirkonzahn GmbH, Bruneck, Itália) de 3x8x8 mm (espessura, comprimento e largura) foram preparados com auxílio de um disco diamantado dupla face (KG Sorensen, Barueri, São Paulo, Brasil) montado em peça reta associada a um micro-motor (Kavo, Joinville, Santa Catarina, Brasil). Antes de serem sinterizados, as superfícies adesivas destes blocos foram regularizadas com lixas de carbetto de silício de granulação fina (#600 – Norton, Guarulhos, São Paulo, Brasil). Em seguida os blocos foram sinterizados em forno específico (Forno Zirkonofen 600, Zirkonzahn, Bruneck, Itália) conforme instruções do fabricante.

Para a inclusão, os blocos cerâmicos foram posicionados sobre uma lâmina de cera utilidade (Lysanda Produtos Odontológicos, São Paulo, SP, Brasil) e, em seguida, uma matriz cilíndrica de PVC (Tigre Tubos e conexões, Rio Claro, São Paulo, Brasil) de 20mm de diâmetro e 15 mm de altura foi adaptada em torno de cada bloco cerâmico. Uma resina acrílica incolor auto-polimerizável (Jet – Clássico Artigos Odontológicos, São Paulo, SP, Brasil) foi proporcionada e manipulada de acordo com as instruções do fabricante e, em sua fase plástica, vertida no interior da matriz de PVC.

## CONFECÇÃO DOS DISCOS DE RESINA COMPOSTA

Através de uma matriz pré-fabricada, 60 discos de resina composta (Filtek Z350 XT - 3M ESPE, St. Paul, Minnessota, EUA) de 5 mm de diâmetro por 2 mm de espessura foram fabricados. A matriz foi posicionada sobre uma fita de poliéster

(Maquira Dental Products, Maringá, Paraná, Brasil) e em seguida com auxílio de uma espátula de inserção nº 1 (Golgran, São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil) um incremento único de resina foi inserido em seu interior. Para padronização da compactação do incremento, eliminação dos excessos e lisura de superfície do disco, uma segunda tira de poliéster foi interposta sobre a resina e sobre ela, uma placa de vidro foi posicionada e mantida sob pressão de 1kg por um minuto. O fotopolimerizador (Bluephase N, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein, Austria) foi posicionado perpendicularmente ao incremento de resina composta para ativação por vinte segundos. Terminada esta etapa, os discos foram removidos da matriz limpos em cuba ultrassônica durante 2 minutos (Cristófoli Equipamentos de Biossegurança Ltda, Campo Mourão, Paraná, Brasil) e armazenados em recipientes plásticos.

## TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE DA ZIRCÔNIA Y-TZP

Os blocos de cerâmica a base de zircônia Y-TZP receberam três diferentes tratamentos de superfície antes de serem cimentados os discos de resina composta: (C) ponta diamantada extrafina, (J) jateamento com partículas de óxido de alumínio e (JP) jateamento com partículas de óxido de alumínio seguido pela aplicação do *primer* cerâmico.

### **Ponta diamantada extrafina**

Através de pontas diamantadas extrafinas de 30 µm de granulação (Ponta diamantada 4138 FF, KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil) acopladas em motor de alta

rotação (Kavo, Joinville, Santa Catarina, Brasil), os blocos cerâmicos destes grupos tiveram suas superfícies ajustadas. Movimentos manuais repetitivos multidirecionais foram executados por 10 segundos na superfície destinada a interface adesiva a uma velocidade aproximada de 300.000 rpm. A cada 5 amostras tratadas, uma nova ponta diamantada foi utilizada. Os blocos foram limpos em cuba ultrassônica durante 2 minutos (Cristófoli Equipamentos de Biossegurança Ltda, Campo Mourão, Paraná, Brasil) estando prontos para receberem os cimentos.

### **Jateamento com óxido de alumínio**

Partículas de óxido de alumínio com 50µm de diâmetro (Bio-Art Equip Odontol Ltda, São Carlos, São Paulo, Brasil) foram jateadas perpendicularmente à superfície adesiva dos blocos cerâmicos com pressão de 70 psi a uma distância de 10 mm, durante 10 segundos. Os blocos também foram limpos em cuba ultrassônica durante 2 minutos.

### **Jateamento com óxido de alumínio seguido pela aplicação do *primer* cerâmico**

Após jateamento com partículas de óxido de alumínio com 50µm de diâmetro, como já descrito, foi aplicado o *primer* (frasco único) para zircônia (*Primer YZap*, Yllor, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil) na superfície adesiva do bloco cerâmico. Através um aplicador descartável (Microbrush, KG Sorensen, Cotia, São Paulo, Brasil), o *primer* foi depositado sobre a superfície previamente jateada e limpa e deixado agir por 3 minutos seguido de jatos de ar por 10 s, conforme instruções do fabricante.

## CIMENTAÇÃO DOS DISCOS DE RESINA COMPOSTA

Antes de serem cimentados, os discos de resina composta receberam a seguinte sequência de tratamento da sua superfície adesiva: profilaxia com escova Robinson e pasta à base de pedra pomes (Polidental Ind. Com. Ltda., Cotia, São Paulo, Brasil) por 15 segundos, seguida de lavagem em água corrente por 15 segundos e secagem com jatos de ar.

Para o processo de cimentação, o cimento resinoso convencional RelyX ARC (3M ESPE) e o cimento resinoso auto-adesivo RelyX U200 (3M ESPE) foram proporcionados e manipulados conforme instruções do fabricante e, com auxílio de uma espátula número 1 (Golgran, São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil), depositado sobre a superfície dos blocos cerâmico previamente tratado. Em seguida, o disco de resina composta foi posicionado e pressionado digitalmente sobre a superfície cerâmica preenchida de cimento resinoso. O conjunto foi levado a um delineador (Bio-Art Equipamentos Odontológicos, São Carlos, São Paulo, Brasil) no qual foi adaptado um dispositivo com peso correspondente a 3 Kg de pressão. Os excessos de cimento foram removidos com auxílio de um pincel microbrush (KG Sorensen, Cotia, São Paulo, Brasil) e o agente cimentante fotopolimerizado (Bluephase N, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein, Austria) em quatro diferentes regiões por 20 segundos cada.

## ARMAZENAMENTO DAS AMOSTRAS



Após cimentação os conjuntos de blocos cerâmicos/discos de resina composta foram acondicionados em um recipiente plástico imersos em água destilada e armazenados em estufa (Quimis Científica Equipamentos Ltda., Diadema, São Paulo, Brasil) por 24 horas com temperatura controlada de  $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

## ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE UNIÃO

O teste de resistência de união (RU) foi realizado em uma máquina de ensaios universais (Shimadzu AG-X, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) com célula de carga correspondente a 5KN. As amostras foram posicionadas e fixadas em um dispositivo metálico localizado na parte inferior da máquina, de forma que a linha de cimentação permanecesse na posição vertical para aplicação da carga (cisalhamento). A força foi aplicada pela ponta metálica fixada na parte superior da máquina (cinzel) com velocidade constante de 0,5mm/minuto até a ruptura da união. Os valores necessários para ruptura (resistência de união) foram registrados em MegaPascal (MPa) pelo software (Trapezium-X Software, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) dedicado a máquina de ensaio. Todas as amostras foram preparadas e testadas pelo mesmo pesquisador, previamente calibrado.

Após tabulados, os resultados foram analisados estatisticamente com auxílio do software Bioestat 5.0 (Bioestat, Maringá, Paraná, Brasil). Foram realizados os testes de komolgorov-smirnov para análise de normalidade e em seguida aplicado os testes de ANOVA 1 Fator e teste t para análise comparativa do efeito dos diferentes tratamentos de superfície e o teste t-student para comparação dos dois diferentes cimentos quando submetidos aos mesmos tratamentos de superfície, adotando para as comparações  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os valores de resistência de união (RU) à zircônia proporcionada pelos cimentos resinosos em associação aos diferentes tratamentos de superfície. Não houve diferença significativa entre os tratamentos de superfície quando utilizado o cimento resinoso convencional. Entretanto, para o cimento resinoso auto-adesivo pode-se observar que o jateamento com  $Al_2O_3$  (JAA) e o jateamento de  $Al_2O_3$  seguido pela aplicação do primer (JPAA) aumentaram significativamente a RU ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 1.** Média e desvio padrão da resistência de união (MPa)

Tratamento de superfície	Cimento Resinoso	Grupo	Resistência de união
Ponta diamantada (controle)		CC	4,73 (2,35) <sup>A</sup>
Jateamento $Al_2O_3$	Convencional	JC	6,82 (1,68) <sup>A</sup>
Jateamento $Al_2O_3$ + Primer		JPC	6,06 (1,86) <sup>A</sup>
Ponta diamantada (controle)		CAA	8,88 (3,61) <sup>A</sup>
Jateamento $Al_2O_3$	Auto-adesivo	JAA	13,66 (3,01) <sup>B</sup>
Jateamento $Al_2O_3$ + Primer		JPAA	13,77 (3,71) <sup>B</sup>

ANOVA 1 Fator e teste t ( $p < 0,05$ )

Comparando os agentes cimentantes observa-se que, independente do tratamento de superfície, os maiores valores foram encontrados quando utilizado o

cimento resinoso auto-adesivo (tabela 2) ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 2.** Comparação da resistência de união entre a zircônia e os diferentes cimentos resinosos submetidos aos mesmos tratamentos de superfície

Grupo	Resistência de União (MPa)
CC	4,73 (2,35) <sup>A</sup>
CAA	8,88 (3,61) <sup>B</sup>
JC	6,82 (1,68) <sup>A</sup>
JAA	13,66 (3,01) <sup>B</sup>
JPC	6,06 (1,86) <sup>A</sup>
JPAA	13,77 (3,71) <sup>B</sup>

Teste t-student ( $p < 0,05$ )

## DISCUSSÃO

As zircônias Y-TZP são conhecidas como cerâmicas policristalinas de alta resistência mecânica, apresentando pouca ou ausência de fase vítrea. Dessa forma, muito se discute quanto aos tratamentos de superfície, sua confiabilidade e estabilidade de adesão, uma vez que a falta de conteúdo vítreo na composição da zircônia tem como desvantagem baixo potencial de adesão aos cimentos resinosos<sup>22</sup>.

Dentro desse contexto, a presente pesquisa avaliou a influência de diferentes tratamentos de superfície associados a dois cimentos resinosos. De acordo com os resultados apresentados foi possível observar que ambas hipóteses nulas testadas na presente pesquisa foram rejeitadas. Apesar de não ter sido observado diferença estatística significativa entre os tratamentos de superfície quando utilizado o cimento resinoso convencional ( $p < 0,05$ ), tanto o jateamento com  $Al_2O_3$  (13,66 +/- 3,01) quanto a combinação do jateamento com  $Al_2O_3$  seguido pela aplicação de *primer* cerâmico (13,77 +/- 3,71) apresentaram maiores valores de resistência de união (RU) do que a ponta diamantada extrafina (8,88 +/- 3,61) quando associado ao

cimento resinoso auto-adesivo ( $p < 0,05$ ). Além disso, quando comparado o desempenho dos diferentes cimentos, independente do tratamento de superfície utilizado, os maiores valores de RU foram observados para o cimento resinoso auto-adesivo.

Diversos tipos de tratamentos de superfícies são utilizados com o propósito de aumentar consideravelmente a capacidade adesiva entre as cerâmicas a base de zircônia Y-TZP e os substratos restauradores. Os tratamentos mecânicos destacam-se por proporcionarem o aumento da área de superfície interna das restaurações, estabelecendo uma superfície porosa/irregular e isenta de impurezas favorecendo o embricamento mecânico do cimento sobre a peça. Já os químicos possibilitam as ligações químicas entre as estruturas, por intermédio das moléculas bifuncionais na qual uma de suas partes se unem aos óxidos metálicos da zircônia e a outra à matriz resinosa dos cimentos<sup>6,23</sup>. Neste trabalho, foram pesquisados a efetividade do jateamento com partículas de óxido de alumínio (tratamento mecânico) e de um *primer* cerâmico (tratamento químico).

Sun et al.<sup>24</sup> (2014) descrevem que o tratamento mecânico da superfície da zircônia através do jateamento com partículas de óxido de alumínio proporciona maiores valores de resistência de união quando comparados à superfície não tratada. Entretanto, na presente pesquisa, apesar deste fato também ter sido observado para as amostras cimentadas com o cimento auto-adesivo o jateamento com  $Al_2O_3$  não proporcionou maiores valores de resistência de união quando associado ao cimento resinoso convencional, fato este também observado no trabalho de Re et al.<sup>25</sup> (2008). A divergência entre os resultados pode estar relacionada à diferentes composições dos sistemas cerâmicos e agentes cimentantes utilizados nas pesquisas. Assim como descrito por Blatz et al.<sup>26</sup> (2007)

vale ressaltar que torna-se importante considerar que o desempenho adesivo está relacionado não somente aos tratamentos de superfícies da cerâmica a base de zircônia Y-TZP mas também à adequada seleção do cimento resinoso.

A odontologia tem experimentado uma constante evolução dos materiais e neste contexto surgem os *primers* cerâmicos como uma alternativa promissora no que tange a melhoria da adesão entre os cimentos resinosos e as cerâmicas policristalinas tais como as zircônias Y-TZP.

Yun et al. (2010)<sup>27</sup>, Amaral et al.<sup>28</sup> (2014) e Lee et al.<sup>29</sup> (2017) descrevem que a combinação da aplicação de *primers* cerâmicos após o jateamento da superfície da zircônia com partículas de  $Al_2O_3$  proporcionam melhores valores de resistência de união quando comparado ao jateamento com partículas de  $Al_2O_3$  isoladamente. Sugerem que tal estratégia apresenta-se como uma excelente opção para o aumento da resistência de união da interface zircônia Y-TZP/cimento resinoso, mas ponderam a importância da realização de mais pesquisas para melhor embasamento. Diferente dos resultados citados, no presente estudo, a aplicação do *primer* cerâmico posteriormente ao jateamento com partículas  $Al_2O_3$  não demonstrou ser mais eficiente do que quando aplicado apenas o jateamento como tratamento de superfície (tabela 1).

Embora a cimentação de peças protéticas a base de zircônia Y-TZP através dos cimentos convencionais (cimento de ionômero de vidro e fosfato de zinco) garanta boa retenção mecânica, o risco de falhas deve ser considerado, tendo visto que tais cimentos apresentam solubilidade relativamente alta em ambiente oral. Dessa forma, por proporcionar melhor selamento/adaptação marginal e consequentemente menor risco de micro infiltração, maior retenção e resistência à

fratura da prótese e do dente, é preferível a utilização de cimentos resinosos através da técnica da cimentação adesiva<sup>30</sup>.

Afim de simplificar o processo de adesão às estruturas, minimizar a ocorrência de falhas e otimizar o tempo clínico, surgiram os cimentos resinosos auto-adesivos<sup>31</sup>. Todavia, a evolução dos cimentos resinosos também pode ser observada no que tange sua composição, onde a adição de diferentes monômeros à sua matriz, possibilitam a união química com óxidos metálicos, como o óxido de zircônio, viabilizando sua utilização para cimentação de restaurações cerâmicas a base de zircônia Y-TZP<sup>32</sup>.

No presente estudo, independente do tratamento de superfície proposto, os maiores valores de resistência de união foram observados para as amostras cimentadas com o cimento auto-adesivo (Rely X U200) (tabela 2). Tais resultados aparentam convergência consistente aos diversos estudos que também comprovam a efetividade do cimento auto-adesivo quando se trata da adesão às cerâmicas a base de zircônia Y-TZP<sup>26,29,33</sup>.

Todavia, diante das limitações desta pesquisa, considera-se importante a realização de mais estudos laboratoriais e clínicos que possam esclarecer a melhor combinação de estratégia pré-cimentação para peças cerâmicas a base de zircônia Y-TZP possibilitando a comparação aos estudos já existentes bem como a consolidação dos conceitos atualmente firmados. Vale ressaltar também que esta pesquisa é uma produção independente não havendo conflito de interesses público e ou privado.

## CONCLUSÃO

Através da metodologia proposta e embasado nos resultados apresentados pôde-se concluir que quando utilizado o cimento resinoso auto-adesivo, os tratamentos de superfície propostos influenciaram na resistência de união da interface zircônia Y-TZP/resina composta. A estratégia da aplicação do *primer* cerâmico após o jateamento de óxido de alumínio não proporcionou aumento da resistência de união. Independentemente do tipo de tratamento de superfície proposto neste estudo, a resistência de união foi sempre maior quando se utilizou o cimento resinoso auto-adesivo.

**REFERÊNCIAS**

1. Höland W, Rheinberger V, Apel E, Ritzberger C, Rothbrust F, Kappert H, Nesper R. Future perspectives of biomaterials for dental restoration. *J Eur Ceram Soc* 2009;29(7):1291-1297. doi:doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2008.08.023
2. Kelly JR, Benetti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *Aust Dent J* 2011;56: 84-96. doi: doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01299.x
3. Rashid H. The effect of surface roughness on ceramics used in dentistry: A review of literature. *Eur J Dent* 2014;8(4): 571. doi: 10.4103/1305-7456.143646
4. Dalkiz M, Sipahi C, Beydemir B. Effects of Six Surface Treatment Methods on the Surface Roughness of a Low-Fusing and an Ultra Low-Fusing Feldspathic Ceramic Material. *J Prosthodont* 2009;18(3): 217-222. doi: doi.org/10.1111/j.1532-849X.2008.00410.x
5. Anusavice KJ. *Phillips materiais dentários*. 12th ed. Rio de Janeiro RJ: Elsevier Brasil. 2013.
6. de Queiroz JRC. Estratégias de cimentação em restaurações livres de metal. *Revista Bahiana de Odontologia* 2016;7(1): 49-57. doi: 2238-2720revbahianaodonto.v7i1.666
7. da Silva PLP, Lemos GA, Bonan RF, Queiroz JRC, Batista AUD. Sobrevida de prótese parcial fixa posterior em zircônia: revisão sistemática de estudos clínicos com até 7 anos de acompanhamento (Survival of zirconia-based posterior fixed partial prostheses: a systematic review of up to 7-year clinical follow-up studies). *Cerâmica* 2016;62: 71-76. doi: dx.doi.org/10.1590/0366-69132016623611948
8. Śmielak B, Klimek L. Effect of Air Abrasion on the Number of Particles Embedded in Zirconia. *Materials* 2018;11(2): 259. doi: 10.3390/ma11020259
9. Denry I, Kelly JR. Emerging ceramic-based materials for dentistry. *J Dent Res*. 2014;93(12): 1235-1242. doi: 10.1177/0022034514553627.
10. Özcan M, Cura C, Valandro LF. Early bond strength of two resin cements to Y-TZP ceramic using MPS or MPS/4-META silanes. *Odontology* 2011;99(1): 62-67. doi: 10.1007/s10266-010-0144-1
11. Sriamporn T, Thamrongananskul N, Busabok C, Poolthong S, Uo M, Tagami J. Dental zirconia can be etched by hydrofluoric acid. *Dent Mater J* 2014;33(1): 79-85. doi: doi.org/10.4012/dmj.2013-243
12. Samimi P, Hasankhani A, Matinlinna JP, Mirmohammadi H. Effect of adhesive resin type for bonding to zirconia using two surface pretreatments. *J Adhes Dent* 2015;17(4):353-9. doi:10.3290/j.jad.a34593.
13. El-Korashy DI, El-Refai DA. Mechanical properties and bonding potential of partially stabilized zirconia treated with different chemomechanical treatments. *J Adhes Dent* 2014;16(4):365-76. doi: 10.3290/j.jad.a32069.



14. Menani LR, Farhat IA, Tiozzi R, Ribeiro RF, Guastaldi AC. Effect of surface treatment on the bond strength between yttria partially stabilized zirconia ceramics and resin cement. *J Prosthet Dent* 2014;112(2):357-64. doi: 10.1016/j.prosdent.2013.08.025.
15. Zhang Y, Sun, T, Liu R, Feng X, Chen A, Shao L. An in vitro evaluation of the zirconia surface treatment by mesoporous zirconia coating on its bonding to resin cement. *Biomed Mater Eng* 2014;24(6):2109-16. doi: 10.3233/BME-141021
16. Mahmoodi N, Hooshmand T, Heidari S, Khoshro K. Effect of sandblasting, silica coating, and laser treatment on the microtensile bond strength of a dental zirconia ceramic to resin cements. *Lasers Med Sci*.2016;31(2):205-211. doi: 10.1007/s10103-015-1848-9.
17. Tzanakakis EGC, Tzoutzas, IG, Koidis PT. Is there a potential for durable adhesion to zirconia restorations? A systematic review. *J Prosthet Dent*.2016;115(1), 9-19. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.09.008.
18. Orsi IA, Varoli FK, Pieroni CH, Ferreira MC, Borie E. In vitro tensile strength of luting cements on metallic substrate. *Braz Dent J*2014;25(2):136-140. doi: dx.doi.org/10.1590/0103-6440201302290
19. Le M, Papia E, Larsson C. The clinical success of tooth-and implant-supported zirconia-based fixed dental prostheses. A systematic review. *J Oral Rehabil*2015;42(6):467-480. doi: 10.1111/joor.12272.
20. Pjetursson BE, Sailer I, Makarov NA, Zwahlen M, Thoma DS. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs). A systematic review of the survival and complication rates. Part II: Multiple-unit FDPs. *Dent Mater* 2015;31:624–639. doi: 10.1016/j.dental.2015.02.013.
21. Rinke S, Wehle J, Schulz X, Bürgers R, Rödiger M. Prospective Evaluation of Posterior Fixed Zirconia Dental Prostheses: 10-Year Clinical Results. *Int J Prosthodont* 2018;31(1):35-42. doi: 10.11607/ijp.5283.
22. Matinlinna JP, Heikkinen T, Ozcan M, Lassila LV, Vallittu PK. Evaluation of resin adhesion to zirconia ceramic using some organosilanes. *Dent Mater* 2006;22(9):824-31. doi: 10.1016/j.dental.2005.11.035
23. Mosele JC, Borba M. Efeito do jateamento de partículas na resistência de união e comportamento mecânico de cerâmicas à base de zircônia-revisão. *Cerâmica* 2014;60(354):179-186. doi: doi.org/10.1590/S0366-69132014000200003
24. Sun T, Hu C, Wang L, Shao L. The Influence of Different Resin Cements and Pretreatments on the Bond Strength between Zirconia and Cement. *Acta Physica Polonica A* 2014;125(2):313-315. doi: 10.12693/APhysPoA.125313.
25. Re D, Augusti D, Sailer I, Spreafico D, Cerutti A. The effect of surface treatment on the adhesion of resin cements to Y-TZP. *Eur J Esthet Dent* 2008;3(2):186-96.
26. Blatz MB, Chiche G, Holst S, Sadan A. Influence of surface treatment and simulated aging on bond strengths of luting agents to zirconia. *Quintessence Int* 2007;38(9):745-53.

27. Yun JY, Ha SR, Lee JB, Kim SH. Effect of sandblasting and various metal primers on the shear bond strength of resin cement to Y-TZP ceramic. *Dent Mater* 2010;(7):650-8. doi: 10.1016/j.dental.2010.03.008.
28. Amaral M, Belli R, Cesar PF, Valandro LF, Petschelt A, Lohbauer U. The potential of novel primers and universal adhesives to bond to zirconia. *J Dent* 2014;42(1):90-8. doi: 10.1016/j.jdent.2013.11.004.
29. Lee JY, Ahn J, An SI, Park JW. Comparison of bond strengths of ceramic brackets bonded to zirconia surfaces using different zirconia primers and a universal adhesive. *Restor Dent Endod* 2018;22;43(1):e7. doi: 10.5395/rde.2018.43.e7.
30. Erdem A, Akar GC, Erdem A, Kose T. Effects of different surface treatments on bond strength between resin cements and zirconia ceramics. *Oper Dent* 2014;39(3):E118-27. doi: 10.2341/12-420-L.
31. Namoratto LR, de Souza Ferreira R, Lacerda RAV, Sampaio Filho HR, Ritto FP. Cimentação em cerâmicas: evolução dos procedimentos convencionais e adesivos. *Revista Brasileira de Odontologia* 2013;70(2):142. doi: dx.doi.org/10.18363/rbo.v70n2.p.142
32. Lüthy H, Loeffel O, Hammerle CH. Effect of thermocycling on bond strength of luting cements to zirconia ceramic. *Dent Mater* 2006;22(2):195-200.
33. Cristoforides P, Amaral R, May LG, Bottino MA, Valandro LF. Composite resin to yttria stabilized tetragonal zirconia polycrystal bonding: comparison of repair methods. *Oper Dent* 2012;37(3):263-71. doi: 10.2341/11-193-L.

## 2.2 CAPÍTULO B

(The Journal of Prosthetic Dentistry)

**TITLE: The effect of repeated surface treatment and cementation of zirconia on the bond strength to resin cement**

Lucas C. Maciel, DDS, MS, PhD,<sup>a</sup> Marina Amaral, DDS, MS, PhD,<sup>b</sup> Kusai Baroudi, DDS, MS, PhD,<sup>c</sup> Laís R. Silva-Concílio, DDS, MS, PhD<sup>b</sup>

<sup>a</sup> PhD student, Dental Prosthesis, Post Graduation Program in Dentistry, Department of Dentistry, University of Taubaté, Taubaté, Brazil

<sup>b</sup> Assistant Professor, Dental Prosthesis, Department of Dentistry, University of Taubaté, Taubaté, Brazil

<sup>c</sup> Professor, Post Graduation Program in Dentistry, Department of Dentistry, University of Taubaté, Taubaté, Brazil

Correspondence author:

Lucas Campagnaro Maciel

Rua Desembargador Euripdes Queiroz do Vale, 550, apt 907 - Jardim Camburi, Vitória, Espírito Santo, Brasil.

Cep 29090-090

Phone: (55) 27 3376-3119

Celular: (55) 27 9.8826-1708.

Email: lucascmaciel@hotmail.com

## ABSTRACT

**Statement of problem:** The loss of retention of the zirconia-based ceramic restorations stands out as one of the problems associated with the rates of clinical failure, and its clinical recementation is performed in many cases.

**Purpose:** To evaluate the influence of the repeated surface retreatments and recementation on the bond strength of zirconia-based ceramics to self-adhesive resin cement interface, as well as the influence of surface retreatment on wettability and surface roughness of the ceramic.

**Material and methods:** Seventy blocks ( $10 \times 10 \times 3$  mm) of zirconia-based ceramics were fabricated and randomly divided into two groups (stage 1) according to the surface treatments: (A)  $110 \mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  airborne-particle abrasion and (R)  $110 \mu\text{m}$  silica modified  $\text{Al}_2\text{O}_3$  airborne-particle abrasion. Cylinders of self-adhesive resin cement ( $1.2 \times 1.5$  mm) were cemented onto each previously treated ceramic surface. The samples were thermocycled (3,000 cycles) and subjected to micro-shear bond strength test in a universal testing machine. At stage 2, each group was further subdivided into 5 groups according to the surfaces retreatments: (a)  $110 \mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  airborne-particle abrasion, (r)  $110 \mu\text{m}$  silica modified  $\text{Al}_2\text{O}_3$  airborne-particle abrasion, (D) diamond bur, (Da) diamond bur +  $110 \mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  airborne-particle abrasion and (Dr) diamond bur +  $110 \mu\text{m}$  silica modified  $\text{Al}_2\text{O}_3$  airborne-particle abrasion. Self-adhesive resin cement cylinders were cemented on the ceramics surfaces. Assemblies were thermocycled (3,000 cycles) and subjected to micro-shear bond strength test. Additional specimens were prepared for surface roughness and wettability analysis of treated surface. The obtained data were subjected to t-test and One-way ANOVA followed by Tukey's *post hoc* test ( $\alpha = 0.05$ ).

**Results:** At stage 1, group R presented higher bond strength values than group A. There was a statistically significant increase of bond strength at stage 2 for group A. The diamond bur

influenced the surface roughness, increasing the values. Group R provided better wettability. Regardless of the applied surface treatment, most of failures were adhesive.

**Conclusions:** The combination of the application and reapplication of silica modified Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> airborne-particle abrasion showed the best results of the bond strength. It can be concluded that surface retreatment and recementation might be an indicated clinical strategy.

## CLINICAL IMPLICATIONS

The recementation of zirconia restorations is a reasonable clinical strategy with consequent optimization of time and costs. 110 µm silica modified Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> airborne-particle abrasion should be the surface treatment of choice in any clinical stage of cementation.

## INTRODUCTION

The zirconia restorations have been widely utilized in oral rehabilitation dentistry and led to an increase on the research of clinical behavior of this material. In a literature systematic review, Le et al<sup>1</sup> pointed out that the cumulative survival rate of these prostheses supported by teeth is 93.5%.

Zirconia-based ceramics has excellent mechanical properties when compared to other ceramic systems, making it possible to produce ceramic crowns in higher occlusal loads regions.<sup>2,3</sup> But also presents physico-chemical features that affect their performance in terms of adhesion at different substrates. The incidence of loss of retention of these crowns is significantly higher when compared to other ceramics.<sup>4,5</sup> Surrounded by the technical issues, most commonly noticed failures when using this zirconia-based restorations are structure fracture, chipping of the veneering ceramic, aesthetic discontent of the patient and loss of retention.<sup>1,3,6-8</sup>

In a clinical follow-up study of the overall outcome of cemented zirconia crowns on teeth, Örtorp et al<sup>9</sup> found a clinical complication rate of 16% after 3 years follow-up and 7% of these complications were loss of retention: from 12 debonded restorations, eight could be recemented. Schmitter et al<sup>6</sup> highlighted in their five years follow-up study that of twenty-two extensive fixed partial denture zirconia, four presented loss of retention and were recemented. Rinke et al<sup>8</sup> pointed out that after a 10-year clinical observation period, out of 99 fixed partial dentures of 3 and 4 zirconia-based units, only 13 had technical failures and 5 of these were failures associated with loss of retention.

After adhesive failures, the integrity of the abutment and the restoration are noticed, as well as the ideal fitting of the restoration to the prepared tooth. Thus, a possible strategy adopted is the recementation of the restoration, providing financial and time savings to the professional and patient.<sup>10,11</sup> For this reason, it is recommended a new surface treatment, for both of the crown and the abutment, in order to remove possible remnants of cementing agent, besides promoting satisfactory adhesive interface substrates.<sup>12,13</sup>

The recementation technique seems to be a reasonable strategy, compatible with clinical reality. But it is important to consider the damage risk to the ceramic structure during the retreatment of its surface as well as to emphasize that the success of this strategy is directly related to obtaining an adequate adhesive surface after retreatment of the substrates involved in the interface, providing satisfactory bond strength results. This clinical dynamics of surface retreatment and recementation without damage of the bond strength still needs to be better understood.

The aim of the study was to evaluate the influence of the surface retreatment and recementation on the bond strength of zirconia-based ceramics/self-adhesive resin cement interface. The wettability and surface roughness of ceramic after repeated surface treatments was also investigated. The null hypotheses are that: (1) the surface retreatments preceding the

recementation do not change the bond strength of the self-adhesive resin cement to zirconia-based ceramic surface; and (2) surface retreatments do not influence surface roughness and wettability.

## **MATERIALS AND METHODS**

### **Experimental design**

Seventy zirconia-based ceramics blocks (Zirkon Prettau, Zirkozahn GmbH) were randomly distributed into 2 groups according to the surface treatment: Group A – airborne-particle abrasion and Group R – silica-coated (Rocatec Plus System). Four cylinders of resin cement (Rely X U200, 3M ESPE) were cemented onto each treated block and subjected to the micro-shear bond strength test (stage 1). Thereafter, already tested samples from each group were subdivided into 5 groups ( $n = 7$ ) according to the second surface treatment (stage 2): airborne-particle abrasion, silica coated, diamond bur, diamond bur + airborne-particle abrasion, and diamond bur + silica coated. New cylinders of resin cement were bonded to ceramic surface and subjected to the micro-shear bond strength test. Additional specimens were prepared for evaluation of surface roughness and wettability after surface treatments proposed in the study. All steps (specimens, bonding and analysis) were completed by one individual for consistency (Figure 1 and table 1).

### **Specimen preparation**

Seventy ( $10 \times 10 \times 3$  mm) monolithic zirconia-based ceramics blocks (Zirkon Prettau, Zirkozahn GmbH) were obtained using an electrical high precision cutter (Isomet, Buehler Ltd) and were polished with silicon carbide abrasive paper (# 600, Norton). Thereafter, the specimens were sintered following the manufacturer's instructions. For inclusion, the ceramic blocks were adapted into plastic matrix (Tubes, Tigre) and epoxy resin (Valglass) were

poured into it. The standardization of the surfaces of the samples was carried out using wet silicon carbide abrasive paper (# 200, # 400 and # 600, Norton).

### **Zirconia Surface treatments (stage 1)**

The surface treatment of group A was carried out with 110  $\mu\text{m}$  aluminum oxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) airborne-particle abrasion (Bio-Art Equip Odontol Ltd) perpendicular to the adhesive surface with 0.28 MPa pressure at 10 mm distance, during 15 seconds. For the R group, 110  $\mu\text{m}$  silica modified  $\text{Al}_2\text{O}_3$  airborne-particle abrasion (Rocatec Plus, 3M-ESPE) was blasted perpendicular to the adhesive surface, with 0,28 Mpa pressure 10 mm distance, during 15 seconds. All specimens were cleaned in distilled water for 3 minutes in an ultrasonic bath (ultrasonic tub, Cristófoli Equipamentos de Biossegurança) and dried out. In R group, silane (RelyX Ceramic Primer, 3M-ESPE) was applied for 20 s.

### **Surface roughness and wettability (stage 1)**

For the surface roughness and wettability ceramic analysis, fourteen additional specimens were made as previously described (n=7) and divided into two groups according to the described surface treatments (stage 1). These specimens were submitted to the measurement of surface roughness (Ra) (Surftest 301, Mitutoyo), with 3 measurements each and the average was calculated.

The wettability was evaluated through the contact angle analysis by the sessile drop technique. Three drops of distilled water were placed on the surface of the ceramic using a syringe, adapted to the goniometer (Ramé-Hart - DROP image, Advanced) and the contact angle calculated by the software of the same manufacturer.

### **Cementation of resin cement cylinders (stage 1)**

Four cylinders (1.2 mm diameter  $\times$  2.0 mm high) of self-adhesive resin cement (Rely X U200, 3M ESPE) were cemented onto each ceramic block surface (n=7) using a transparent matrix (Tygon tubing, TYG-030, Saint-Gobain Performance Plastic). According to the



manufacturer's instructions, the cement was prepared and inserted with a syringe (Centrix, DFL Indústria e Comércio), inside the matrix previously positioned on the ceramic surface and light cured for 20 s (Bluephase N, Ivoclar Vivadent) at 1,100 mW/cm<sup>2</sup> power density perpendicular to the ceramic surface. After cementation, the samples were immersed in distilled water and stored at 37 ± 1 °C (Incubator, Quimis Científica Equipamentos Ltda). Then, specimens were thermocycled (Thermocycling equipment, Biopdi) in distilled water between 5°C and 55°C (30 s in each bath) for 3,000 cycles.

### **Micro-shear bond strength test (stage 1)**

Micro-shear bond strength test was performed by loading the cementation line by a chisel attached to the top of the universal test machine (MBio, Bio PDI) and an increasing load was applied to the adhesive interface at a constant crosshead speed of 0.5 mm per minute until failure. The maximum load (L, N) required for failure of the interface was recorded and the bond strength ( $\sigma$ , MPa) was calculated as  $\sigma = L/A$ ; where A is the bonded area (mm<sup>2</sup>), calculated by  $A=\pi*R^2$ , where R is the cement cylinder radius. The mean bond strength of the four resin cement cylinders from one ceramic surface represented the bond strength of one sample.

### **Failure analysis (stage 1)**

After micro-shear bond strength test, the debonded surfaces were examined under a stereomicroscope evaluated at 10× magnification (Discovery V20, Zeiss) by a single trained observer. The failure mode was determined as adhesive when the fracture occurred at the interface of ceramic-resin cement; cohesive when there was only fracture in the resin cement material and mixed when presented the two types of failure.

### **Surface retreatments (stage 2)**

The specimens of groups A and R (stage 1) were subdivided into five new groups (n = 7) according to the surface treatments performed for the recementation: (a) 110  $\mu$ m Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

airborne-particle abrasion, (r) 110  $\mu\text{m}$  silica modified  $\text{Al}_2\text{O}_3$  airborne-particle abrasion, (D) diamond bur, (Da) diamond bur +110  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  airborne-particle abrasion and (Dr) diamond bur + 110  $\mu\text{m}$  silica modified  $\text{Al}_2\text{O}_3$  airborne-particle abrasion. Procedures for alumina airborne-particle abrasion and silica-coating were performed as previously described. For the adjustment of the ceramic surface with diamond bur (D), 46  $\mu\text{m}$  fine grain diamond burs (# 3195F, KG Sorensen) were used at 20,000 rpm under digital pressure and water cooling during 30 s. All samples were cleaned in ultrasonic tub with distilled water for 3 min and dried out for 20 s. For the groups that received 110  $\mu\text{m}$  silica modified  $\text{Al}_2\text{O}_3$  airborne-particle abrasion as final treatment, silane was applied as described previously.

### **Cementation of resin cement cylinders, and Micro-shear bond strength test (stage 2)**

After the second surface treatment, four resin cement cylinders were bonded to each ceramic surface, as described previously. Samples were once more subjected thermocycling (Thermocycling equipment, Biopdi) in distilled water between 5°C and 55°C (30 s in each bath) for 3,000 cycles. And the micro-shear bond strength test was performed as described before. Shear bond strength was calculated and the mean bond strength of the four resin cement cylinders from one ceramic surface represented the bond strength of one sample.

### **Surface roughness and wettability (stage 2)**

Seventy additional samples were subjected to surface treatments from stage 1 (A and R) and then, subdivided into 5 groups and subjected to surface treatments from Stage 2 (a, r, D, Da and Dr; n=7). Surface roughness and wettability evaluation were performed according to methods previously described.

### **Data analysis**

Representative specimens of each surface treatment were gold-sputter coated and evaluated in scanning electron microscopy (SEM) (Inspect S50 2011, FEI Company).

The bond strength data, mean surface roughness and contact angle were subjected to the Kolmogorov-Smirnov normality test ( $\alpha = 0.05$ ). Bond strength data at stage 1 were subjected to the t-test ( $\alpha = 0.05$ ), while at stage 2, One-Way ANOVA test followed by Tukey's *post hoc* test ( $\alpha = 0.05$ ) was used. To compare the bond strength between stages 1 and 2, the t-paired test was applied ( $\alpha = 0.05$ ). For both the surface roughness data and the contact angle data, One-Way ANOVA followed by Tukey's *post hoc* test ( $\alpha = 0.05$ ) was applied. SEM images were submitted to descriptive analysis.

## RESULTS

Table 2 presents the mean bond strength values and respective standard deviations of the tested groups according to the different surface treatments at stages 1 and 2. At stage 1, airborne particle abrasion with silica modified  $\text{Al}_2\text{O}_3$  particles (R) showed the highest shear bond strength values ( $p = 0.000$ ). At stage 2 (the recementation procedure), stage 1/group A retreated groups which received airborne particle abrasion with silica modified  $\text{Al}_2\text{O}_3$  particles (r) associated or not to diamond bur, presented the highest bond strength values ( $p=0.003$ ). In the same way, stage 1/group R retreated groups with (r) presented the highest bond strength values ( $p=0.000$ ).

Comparing groups A (stage 1  $\times$  stage 2) and R (stage 1  $\times$  stage 2), bond strength was enhanced when group A received retreatment ( $p=0.000$ ), and values were kept when group R received retreatment ( $p=0.495$ ) (Figure 2).

Table 3 shows the average values at surface roughness measured in each of the treatments and treatments plus retreatments of zirconia-based ceramic. There was significant difference in surface roughness between surface treatments performed at stage 1 ( $p=0.023$ ). After retreatment (stage 2), zirconia surface was rougher after diamond bur abrasion, despite the surface treatment applied previously at stage 1. Contact angle was also affected by

treatment and retreatment of zirconia surface (Table 4): it was greater for group A/stage 1, and enhanced after retreatments for both A and R.

It can be observed at scanning electron microscopy (SEM) images the patterns of surface irregularities in the groups subjected to treatment and retreatment with silica-modified 110  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  particles and 110  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  particles, as well as groove imaging caused by surface abrasion with the diamond bur and smoothing when combined to airborne-particle abrasion with silica-modified 110  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  particles (Figure 3).

Table 5 shows the percentages of failure mode (adhesive, mixed and cohesive). Regardless of the applied surface treatment, most of the failures were adhesive. When the 110  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  airborne-particle abrasion was performed at stage 1, except for the Adr group, an increase in mixed and cohesive failure at stage 2 could be observed. When silica-modified  $\text{Al}_2\text{O}_3$  particles were used as a surface treatment in the stage 1, with the exception of the Rd group, there was an increase of adhesive failure at stage 2.

## DISCUSSION

The results presented in this study show that both null hypotheses were rejected. When 110  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  airborne-particle abrasion was adopted as the initial surface treatment (stage 1), regardless of the proposed retreatment, there was an increase in bond strength after the recementation. However, when silica-modified 110  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  airborne-particle abrasion was used as surface treatment at stage 1, groups at stage 2 kept the bond strength (Figure 2). Furthermore, the use of the diamond bur provided an increase in surface roughness, regardless of the initial surface treatment, and silica-modified 110  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  airborne-particle abrasion increased wettability when used as surface retreatment of the specimens subjected to initial  $\text{Al}_2\text{O}_3$  airborne-particle abrasion. Appropriate dental preparation provides nice retention and stability, but the use of milled crowns such as zirconia-based ceramics requires the

interposition of a thick layer of cement, which assumes a fundamental role in the interaction with the ceramics (adhesion) to achieve clinical retention.<sup>14,15</sup>

However, the loss of zirconia crown retention is an inherent intercurrent with this restoration material.<sup>1,9</sup> Whenever possible, the surfaces retreatment that involved adhesive interface and the crown recementation are adopted in clinical practice, aiming at the clinical longevity.<sup>10-13</sup> The strategy used in this *in vitro* study simulated a clinical situation, where in the first stage, the surface treatment and bonding an indirect zirconia restoration were performed using self-adhesive resin cement and at the second stage, the surface retreatment and recementing the same indirect restoration simulated the procedures adopted in clinical practice.

Micromechanical retention by blasting with aluminum oxide particles is important for the bond strength between zirconia and resin cement.<sup>16-19</sup> In addition, previous studies<sup>20-22</sup> showed that phosphate monomers (MDP) available in some of the cements have the potential to establish chemical bonding to metallic oxides present on the surface of zirconia, supporting adhesion. Some authors<sup>23,24</sup> suggest that zirconia-based ceramic surface blasted with silica modified Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles provides a layer which the silane interacts to create a strong and stable chemical bond with the resin cements. Sciasci et al<sup>19</sup> demonstrated that airborne-particle abrasion with silica-modified Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles with subsequent silane application yields a higher bond strength to the resin cement than that provided by zirconia-based ceramic surface blasting with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles, and the results of the present study (stage 1) corroborate those findings. Besides the chemical bonding provided by silane, the surface topography created by silica-modified Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles is more favorable for retention than the surface topography created after air-abrasion with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles.<sup>25</sup>

In the present study, it was observed that the surface retreatments influenced enhanced the bond strength when the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>airborne-particle abrasion was used as surface treatment at

cementation stage 1; and surface retreatments do not influence negatively when samples were initially (stage 1) treated with silica-modified  $\text{Al}_2\text{O}_3$  particles (Figure 2). A possible explanation for that is the use of the diamond bur and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  airborne-particle abrasion as strategies, isolated or combined, for surface retreatment foment the removal of the residual cement as well as the sites formation of mechanical microretentions. Moreover, it may also be able to remove the residual silica particles from previous application of silica modified  $\text{Al}_2\text{O}_3$  particles, affecting chemical adhesion and consequently implying a decrease in bond strength values.

The ceramics wettability and surface roughness are factors directly associated with adhesion and determinants for excellent clinical results.<sup>26</sup> Pazinato et al<sup>27</sup> describe that rougher surfaces expand the areas available for adhesion, providing an increased free surface energy, consequently promoting wettability. However, Yamaguchi et al<sup>28</sup> state that although the zirconia-based ceramics treated by sandblasting with silica-coated had lower surface roughness values than those with  $\text{Al}_2\text{O}_3$  particles, the silica coating provided the highest values of free surface energy. According to the authors, the silica coating makes this layer hydrophilic, increasing the wettability – for adhesion, the surface pattern topography is more important than the numerical roughness value.<sup>25</sup> A similar fact could be observed in the present study, where the lower values of the contact angle and, consequently, better wettability were presented by the groups that received air-borne abrasion with silica-modified  $\text{Al}_2\text{O}_3$  particles as the final surface treatment strategy, regardless of the roughness.

As mentioned in the literature,<sup>29,30</sup> it is possible to observe in the present study a predominance of adhesive failures independent of the surface treatment strategy adopted. These results support the understanding of the limitations of adhesion between zirconia-based ceramics and resin cement.

Within the parameters adopted for this in vitro study, the obtained results showed that the surface retreatment and recementation strategy were satisfactory for a possible clinical indication and most of the time without burden to the bond strength. Finally, it is worth mentioning that more studies on this subject still need to be carried out for further discussions and consolidation of the findings.

## **CONCLUSION**

The air-borne particle abrasion with silica-modified alumina particles as a strategy for surface retreatment provides results similar or better to those achieved in the initial cementation. However, reapplication of airborne-particle abrasion with 110  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  particles or 110  $\mu\text{m}$  silica-modified  $\text{Al}_2\text{O}_3$  particles did not change surface roughness. Air-borne particle abrasion with 110  $\mu\text{m}$  silica-modified  $\text{Al}_2\text{O}_3$  particles provided lower contact angle values and consequently better wettability. The combination of the application and reapplication of air-borne particle abrasion with 110  $\mu\text{m}$  silica-modified  $\text{Al}_2\text{O}_3$  particles show the best results to the bond strength. It can be concluded that surface retreatment and recementation might be an indicated clinical strategy.

**REFERENCES**

1. Le M, Papia E, Larsson C. The clinical success of tooth-and implant-supported zirconia-based fixed dental prostheses. A systematic review. *J Oral Rehab* 2015;42:467-80.
2. Koenig V, Vanheusden AJ, Le Goff SO, Mainjot AK. Clinical risk factors related to failures with zirconia-based restorations: an up to 9-year retrospective study. *Journal of dentistry* 2013; 41:1164–74
3. Cantner F, Cacaci C, Mücke T, Randelzhofer P, Hajtó J, Beuer F. Clinical performance of tooth-or implant-supported veneered zirconia single crowns: 42-month results. *Clinical oral investigations* 2019; 1-9.
4. Pjetursson BE, Sailer I, Makarov NA, Zwahlen M, Thoma DS. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part II: Multiple-unit FDPs. *Dent Mater* 2015; 31: 624–639.
5. Sailer I, Makarov NA, Thoma DS, Zwahlen M, Pjetursson BE. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part I: Single crowns (SCs). *Dental Materials* 2015; 31(6): 603-623.
6. Schmitter M, Mussotter K, Rammelsberg P, Gabbert O, Ohlmann B. Clinical performance of long-span zirconia frameworks for fixed dental prostheses: 5- year results. *J Oral Rehabil* 2012; 39: 552-557.
7. Dogan S, Raigrodski AJ, Zhang H, Mancl LA. Prospective cohort clinical study assessing the 5-year survival and success of anterior maxillary zirconia- based crowns with customized zirconia copings. *J Prosthet Dent* 2017; 117: 226-32
8. Rinke S, Wehle J, Schulz X, Burgers R, Rodiger M. Prospective Evaluation of Posterior Fixed Zirconia Dental Prostheses: 10-Year Clinical Results. *The International journal of prosthodontics* 2018; 31(1): 35-42.



9. Örtorp A, Kihl ML, Carlsson GE. A 3-year retrospective and clinical follow-up study of zirconia single crowns performed in a private practice. *Journal of dentistry* 2009; 37(9): 731-736.
10. St Germain Jr HA, St Germain TH. Shear bond strength of porcelain veneers rebonded to enamel. *Operative dentistry* 2015; 40(3): E112-E121, 2015.
11. Kern M, Passia N, Sasse M, Yazigi C. Ten-year outcome of zirconia ceramic cantilever resin-bonded fixed dental prostheses and the influence of the reasons for missing incisors. *Journal of dentistry* 2017; 65: 51-55.
12. Martins ME, Leite FP, Queiroz JR, Vanderlei AD, Reskalla HN, Ozcan M. Does the ultrasonic cleaning medium affect the adhesion of resin cement to feldspathic ceramic? *J Adhes Dent.* 2012; 14: 507-509.
13. Granell RM, Agustín PR, Fons FA, Román RJL, Solá RMF. Influence of bruxism on survival of porcelain laminate veneers. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2014; 19: e426-32.
14. Peutzfeldt A, Sahafi A, Flury S. Bonding of restorative materials to dentin with various luting agents. *Oper Dent* 2011; 36: 266-73.
15. Qeblawi DM, Campillo-Funollet M, Muñoz CA. In vitro shear bond strength of two self-adhesive resin cements to zirconia. *The Journal of prosthetic dentistry* 2015; 113(2): 122-27.
16. Wolfart M, Lehmann F, Wolfart S, Kern M. Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. *Dent Mater* 2007; 23: 45-50.
17. 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; 27: 99-104.
18. Shahin R, Kern M. Effect of air-abrasion on the retention of zirconia ceramic crowns luted with different cements before and after artificial aging. *Dent Mater* 2010; 26: 922-28.

19. Sciasci P, Abi-Rached FO, Adabo GL, Baldissara P, Fonseca RG. Effect of surface treatments on the shear bond strength of luting cements to Y-TZP ceramic. *The Journal of prosthetic dentistry* 2015; 113(3): 212-19
20. Kim MJ, Kim YK, Kim KH, Kwon TY. Shear bond strengths of various luting cements to zirconia ceramic: surface chemical aspects. *J Dent* 2011; 39: 795-803.
21. Inokoshi M, Kameyama A, De Munck J, Minakuchi S, Van Meerbeek B. Durable bonding to mechanically and/or chemically pre-treated dental zirconia. *J Dent* 2013; 41: 170-79.
22. de Souza G, Hennig D, Aggarwal A, Tam LE. The use of MDP-based materials for bonding to zirconia. *J Prosthet Dent* 2014; 112: 859-902
23. Amaral R, Ozcan M, Valandro LF, Balducci I, Bottino MA. Effect of conditioning methods on the microtensile bond strength of phosphate monomer-based cement on zirconia ceramic in dry and aged conditions. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2008; 85: 1-9.
24. Chen C, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Effect of an experimental zirconia-silica coating technique on micro tensile bond strength of zirconia in different priming conditions. *Dent Mater* 2012; 28: e127-34.
25. Eren D, Doğan CA, Bektaş ÖÖ. Effect of Different Surface Treatments and Roughness on the Repair Bond Strength of Aged Nanohybrid Composite. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2019 May 13.
26. Amaral R, Ozcan M, Bottino MA, Valandro LF. Microtensile bond strength of a resin cement to glass infiltrated zirconia-reinforced ceramic: the effect of surface conditioning. *Dent Mater* 2006; 22: 283–290
27. Pazinato FB, Lopes FA, Marquezini Jr L, de Castro FLA, Atta MT. Effect of surface treatments on the spreading velocity simplified adhesive systems. *J Appl Oral Sci* 2006; 14: 393-398.

- 
28. Yamaguchi H, Ino S, Hamano N, Okada S, Teranaka T. Examination of bond strength and mechanical properties of Y-TZP zirconia ceramics with different surface modifications. *Dental materials journal* 2012; 31(3): 472-80.
29. 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): 280-87.
30. Mahmoodi N, Hooshmand T, Heidari S, Khoshro K. Effect of sandblasting, silica coating, and laser treatment on the microtensile bond strength of a dental zirconia ceramic to resin cements. *Lasers in medical science* 2016; 31(2): 205-11.

Figure legends:

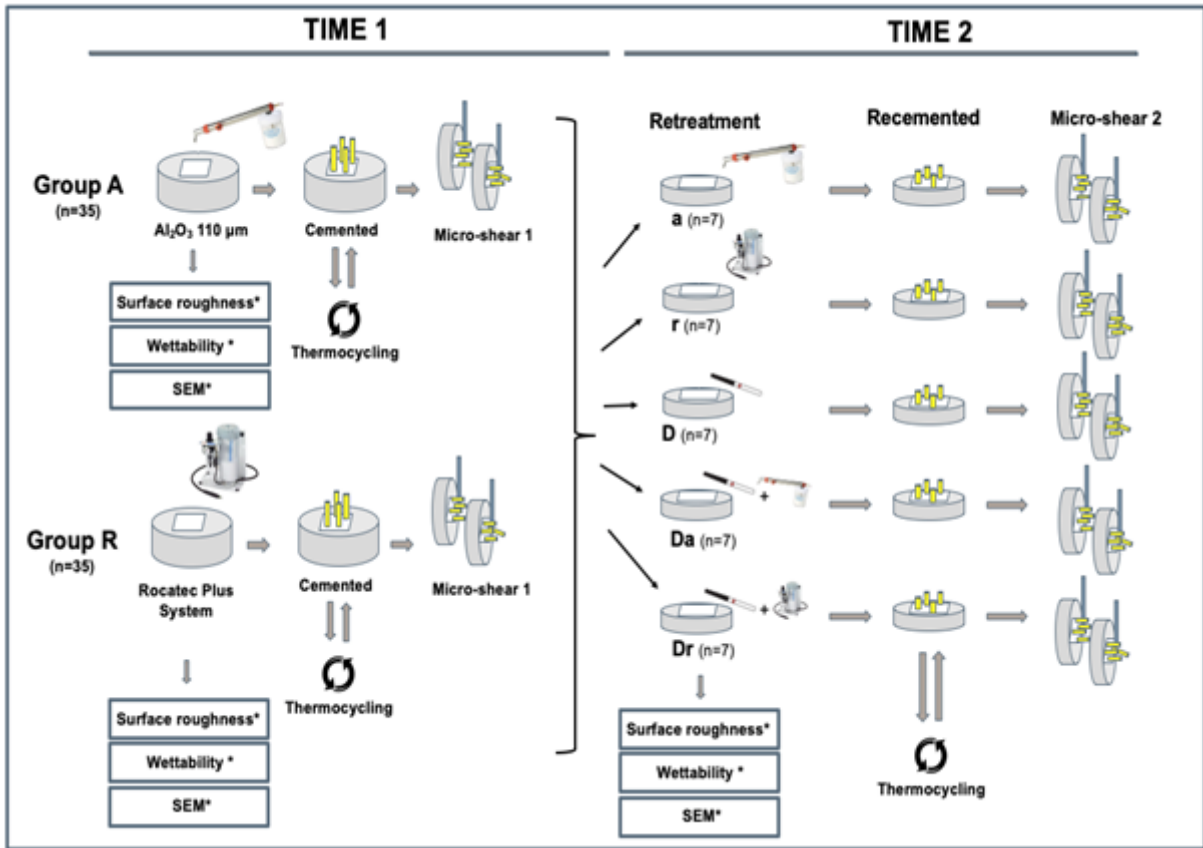


Figure 1: Study flowchart. \* Analysis performed on additional samples

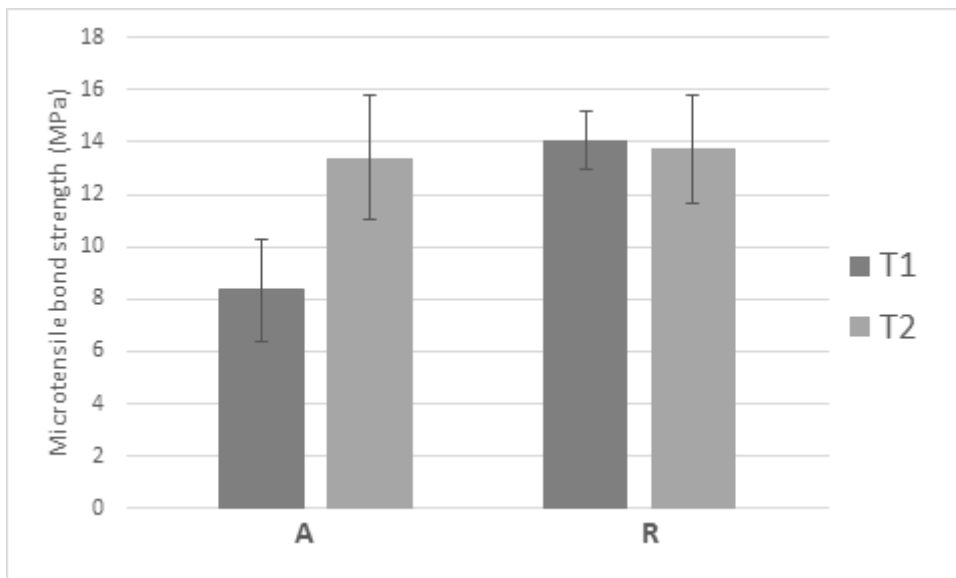
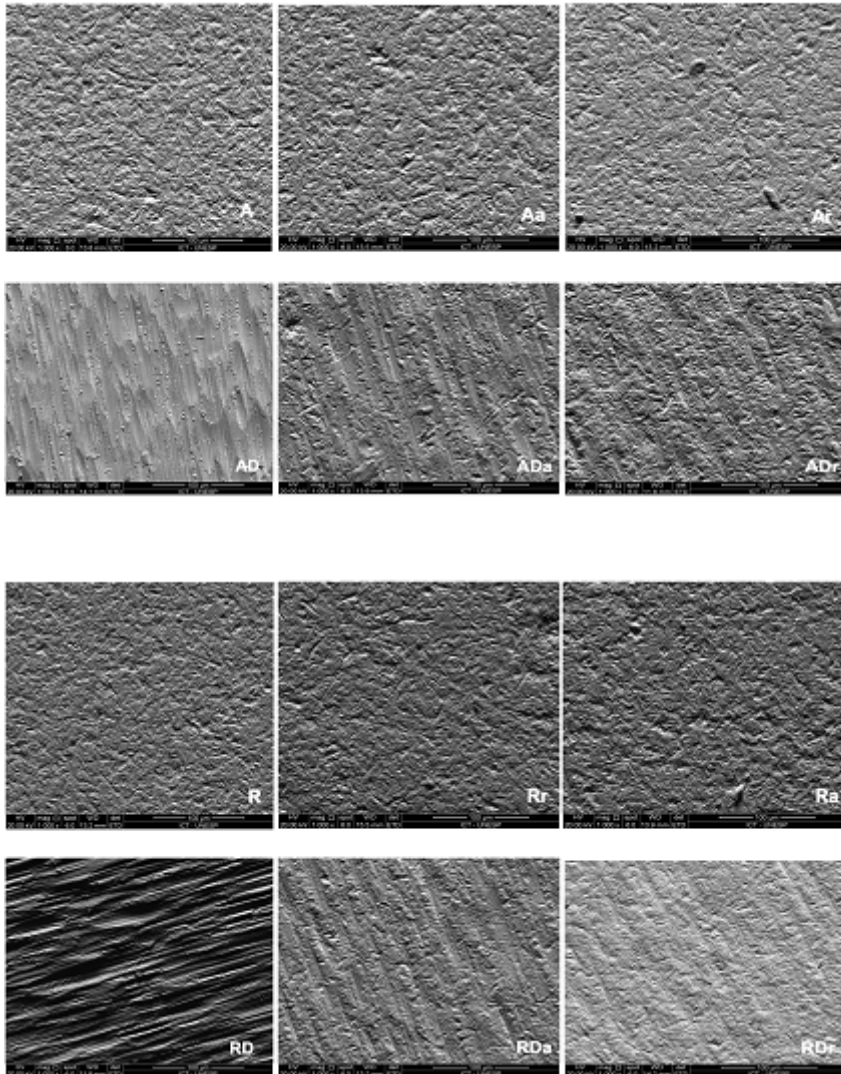


Figure 2: Mean bond strength values and standard deviations (Mpa) of Group A – airborne-particle abrasion and Group R – silica-modified airborne-particle abrasion at stage 1 and stage 2



**Figure 3:** Scanning electron microscopy (1000 x) of the zirconia-based ceramics after surface treatment

## Tables:

**Table 1:** Materials used in the study

Materials	Composition	Manufacturer
Ceramics	Yttria partially stabilized tetragonal zirconia (Zirconia Y-TZP based ceramics): Zirconia oxide 97%, Yttrium oxide 3%	Zirkon Prettau, Zirkozahn GmbH
Self-adhesive resin cement	Base paste: Methacrylate monomers containing phosphoric acid groups, Methacrylate monomers, Silanated fillers, Initiator components, Stabilizers, Rheological additives. Catalyst paste: Methacrylate monomers, Alkaline fillers, Silanated fillers, Initiator components, Stabilizers, pigments, Rheological additives	Rely X U200, 3M ESPE
Diamond bur	Diamond bur coated with 46 µm diamond grain	KG Sorensen
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> particle	110 µm aluminum oxide particle	Bio-Art Equip Odontol Ltd
Rocatec Plus System	110 µm silica/alumina particles	Rocatec Plus, 3M-ESPE
Silane	(MPS) 3-methacryloyloxypropyl trimethoxysilane; ethanol, water	RelyX Ceramic Primer, 3M-ESPE

**Table 2:** Mean bond strength values and standard deviations (Mpa) of the groups evaluated according to surface treatment and cementation stage

Stage 1		Stage 2	
Groups	Bond Strength (Mpa)	Groups	Bond Strength (Mpa)
A	8.34 (1.12)	Aa	11,90 (1,23) <sup>BC</sup>
		Ar	14,05 (1,97) <sup>ABC</sup>
		AD	11,76 (1,71) <sup>C</sup>
		ADa	14,47 (1,74) <sup>AB</sup>
		ADr	14,86 (1,82) <sup>A</sup>
p=0.003			
R	14.06 (1.93)	Ra	12,90 (1,53) <sup>B</sup>
		Rr	16,73 (3,05) <sup>A</sup>
		RD	11,67 (1,37) <sup>B</sup>
		RDa	13,55 (1,35) <sup>B</sup>
		RDr	13,80 (0,93) <sup>B</sup>
p=0.023		p=0.000	

\*Different superscript letters indicate statistical difference between same half-column in stage 2

**Table 3:** Mean surface roughness values and standard deviations ( $\mu\text{m}$ ) of the groups evaluated according to surface treatment and cementation stage

Stage 1		Stage 2	
Groups	Surface roughness( $\mu\text{m}$ )	Groups	Surface roughness( $\mu\text{m}$ )
A	0,208 (0,015)	Aa	0,232 (0,022) <sup>C</sup>
		Ar	0,241 (0,026) <sup>C</sup>
		AD	0,568 (0,031) <sup>A</sup>
		ADa	0,484 (0,025) <sup>B</sup>
		ADr	0,529 (0,043) <sup>AB</sup>
p=0.000			
R	0,242 (0,029)	Ra	0,219 (0,029) <sup>C</sup>
		Rr	0,227 (0,039) <sup>C</sup>
		RD	0,622 (0,025) <sup>A</sup>
		RDa	0,548 (0,041) <sup>B</sup>
		RDr	0,518 (0,024) <sup>B</sup>
p=0.023		p=0.000	

\*Different superscript letters indicate statistical difference between same half-column in stage 2

**Table 4:** Mean contact angle values and standard deviations of the groups evaluated according to surface treatment

Stage 1		Stage 2	
Groups	Contact angle	Groups	Contact angle
A	61,42 (4,64)	Aa	65,14 (3,43) <sup>A</sup>
		Ar	54,40 (3,94) <sup>B</sup>
		AD	63,13 (2,96) <sup>A</sup>
		ADa	68,15 (3,73) <sup>A</sup>
		ADr	52,19 (4,14) <sup>B</sup>
p=0.000			
R	50,69 (2,10)	Ra	59,47 (2,90) <sup>A</sup>
		Rr	64,13 (2,76) <sup>A</sup>
		RD	62,40 (2,86) <sup>A</sup>
		RDa	60,09 (4,42) <sup>A</sup>
		RDr	49,77 (2,28) <sup>B</sup>
p=0.001		p=0.000	

\*Different superscript letters indicate statistical difference between same half-column in stage 2

**Table 5:** Percentage values of failure mode after bond strength test

<b>Groups</b>	<b>Adhesive</b>	<b>Mixed</b>	<b>Cohesive</b>
A	82,9 %	14,3 %	2,8 %
Aa	71,4 %	21,4 %	7,2 %
Ar	71,4 %	25,0 %	3,6 %
AD	60,7 %	32,1 %	7,2 %
ADa	75,0 %	21,4 %	3,6 %
ADr	89,3 %	10,7 %	0,0 %
R	57,1 %	25,0 %	17,9 %
Ra	82,2 %	17,8 %	0,0 %
Rr	60,7 %	28,6 %	10,7 %
RD	46,5 %	35,7 %	17,8 %
RDa	64,2 %	28,6 %	7,2 %
RDr	85,7 %	14,3 %	0,0 %



### 3. CONCLUSÕES

Embora não exista um consenso na literatura acerca do melhor protocolo para a combinação de tratamento de superfície e cimento utilizado para instalação de coroas de cerâmica a base de zircônia, tem sido reportado que o jateamento com partículas de  $Al_2O_3$  de diferentes tamanhos e o jateamento com  $Al_2O_3$  revestido por sílica também de diferentes tamanhos em combinação com os cimentos resinosos auto-adesivos podem alcançar valores de resistência de união que os destacam frente a utilização desta cerâmica no que tange adesão e os resultados do capítulo A corroboram com este relato.

As propriedades mecânicas deste material embasam sua indicação em áreas de maior esforço mastigatório antagonicamente à apreensão da longevidade clínica e a existência de falhas catastróficas como a soltura da peça protética, inerente às suas limitações adesivas.

A necessidade da otimização do tempo clínico para benefício mútuo tanto para o paciente quanto para o cirurgião dentista implicando em economia biológica, psicológica e financeira de ambas as partes induz à determinação de estratégias clínicas que sejam capazes de gerar tais benefícios e devido ao desconforto proporcionado pela perda de retenção de uma coroa total, por falha adesiva, o profissional se depara com a necessidade de resolução imediata do importuno, visando poupar o paciente de qualquer ônus.

Diante da análise clínica criteriosa baseada na inspeção da integridade do dente pilar e da peça protética além da visualização da manutenção da perfeita

adaptação vislumbra-se a possibilidade da recimentação da coroa, reabilitando imediatamente a função e a estética atendendo os anseios do paciente.

Apesar de cientificamente pouco abordada, esta temática é uma realidade clínica encontrada no cotidiano. Artigos científicos de acompanhamento clínico limitam-se em relatar apenas que nos casos onde houveram a perda de retenção das coroas de cerâmica a base de zircônia, a recimentação da mesma foi realizada.

A experiência profissional aliada ao conhecimento técnico/científico conduz ao extinto da reaplicação de tratamentos de superfície de ambas interfaces envolvidas na falha previamente à recimentação. Dentro do contexto abordado, a aplicação de uma estratégia de retratamento de superfície eficaz torna-se primordial para o sucesso da solução da intercorrência causada pela soltura da coroa.

Os resultados apresentados no capítulo B demonstram a aplicação do Rocatec Plus como uma estratégia promissora para solucionar esta falha. Sua utilização pode produzir uma superfície com boa molhabilidade, favorecendo a resistência de união. Entretanto vale ressaltar a importância da realização de mais estudos que possam gerar resultados que favoreçam a consolidação dos conceitos ou até mesmo motive o aprofundamento desta discussão. Conhecer a influência dos tratamentos e retratamentos de superfície na resistência de união e nas propriedades da cerâmica a base de zircônia pode implicar em aumento da taxa de sucesso clínico e este é o combustível que alimenta a ciência.

## REFERÊNCIAS

1. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NR, Bonfante, EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *International Journal of Prosthodontics* 2015; 28: 227-35.
2. Kelly JR, Benetti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *Aust Dent J* 2011; 56:84-96.
3. Rashid H. The effect of surface roughness on ceramics used in dentistry: A review of literature. *European Journal of Dentistry* 2014; 8:571–9.
4. Oliveira PFG, Rabello TB. Tratamento de superfície para a cimentação adesiva de cerâmicas à base de zircônia: revisão de literatura. *Revista Brasileira de Odontologia* 2017; 74(1): 36-39.
5. Cantner F, Cacaci C, Mücke T, Randelzhofer P, Hajtő J, Beuer F. Clinical performance of tooth or implant-supported veneered zirconia single crowns: 42-month results. *Clinical oral investigations* 2019; 1: 1-9
6. Casucci A, Monticelli F, Goracci C, Mazzitelli C, Cantoro A, Papacchini F, Ferrari M. Effect of surface pre-treatments on the zirconia ceramic-resin cement micro tensile bond strength. *Dental Materials* 2011; 27: 1024-1030.
7. Silva EM, Miragaya L, Sabrosa CE, et al. Stability of the bond between two resin cements and an yttria-stabilized zirconia ceramic after six months of aging in water. *J Prosthet Dent* 2014; 112(3): 568-575.
8. Zhang Y, Sun T, Liu R, Feng X, Chen A, Shao L. An in vitro evaluation of the zirconia surface treatment by mesoporous zirconia coating on its bonding to resin cement. *Biomed Mater Eng.* 2014; 24(6): 2109-2116.
9. Denry I, Kelly JR. Emerging ceramic-based materials for dentistry. *Journal of Dental Research* 2014; 93(12):1235–1242.
10. Mirmohammadi H, Aboushelib MNM, Salameh Z, Feilzer AJ, Kleverlaan CJ. Innovations in bonding to zirconia based ceramics: Part III. Phosphate monomer resin cements. *Dental Materials.* 2010; 26(8):786-92.
11. Nakamura T, Usami H, Ohnishi H, Takeuchi M, Nishida H, Sekino T, et al. The effect of adding silica to zirconia to counteract zirconia's tendency to degrade at low temperatures. *Dental Materials Journal.* 2011;30(3):330-5.
12. Casucci A, Goracci C, Chieffi N, Monticelli F, Giovannetti A, Juloski J, et al. Microtensile bond strength evaluation of self-adhesive resin cement to zirconia ceramic after different pre-treatments. *Am J Dent.* 2012;25(5):269-75.
13. Erdem A, Akar GC, Kose T. Effects of different surface treatments on bond strength between resin cements and zirconia ceramics. *Oper Dent.* 2014;39(3):E118-27.
14. Rippe MP, Amaral R, Oliveira FS, Cesar PF, Scotti R, Valandro LF, Bottino MA. Evaluation of tensile retention of Y-TZP crowns cemented on resin composite cores: Effect of the cement and Y-TZP surface conditioning. *Operative dentistry* 2015; 40(1): E1-E10.
15. Samimi P, Hasankhani A, Matinlinna JP, Mirmohammadi H. Effect of Adhesive Resin Type for Bonding to Zirconia Using Two Surface Pretreatments. *J Adhes Dent.* 2015;17(4):353-9.
16. Queiroz JR, Botelho MA, Sousa SA, Martinelli AE, Özcan M. Evaluation of spatial and functional roughness parameters on air-abraded zirconia as a function of particle type and deposition pressure. *J. adhes. dent.* 2015; 17(1): 77-80.

17. Mahmoodi N, Hooshmand T, Heidari S, Khoshro K. Effect of sandblasting, silica coating, and laser treatment on the microtensile bond strength of a dental zirconia ceramic to resin cements. *Lasers Med Sci.* 2016; 31(2): 205-211.
18. Tzanakakis Emmanouil-George C, Tzoutzas IG, Koidis PT. Is there a potential for durable adhesion to zirconia restorations? A systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2016; 115(1): 9-19.
19. Mehl C, Zhang Q, Lehmann F, Kern M. Retention of zirconia on titanium in two-piece abutments with self-adhesive resin cements. *The Journal of prosthetic dentistry* 2018; 120(2): 214-219.
20. Örtorp A, Kihl ML, Carlsson GE. A 5-year retrospective study of survival of zirconia single crowns fitted in a private clinical setting. *Journal of Dentistry* 2012; 40(6): 527-530.
21. Schmitter M, Mussotter K, Rammelsberg P, Gabbert O, Ohlmann B. Clinical performance of long-span zirconia frameworks for fixed dental prostheses: 5- year results. *J Oral Rehabil* 2012; 39: 552-557.
22. Orsi IA, Varoli FK, Pieroni CH, Ferreira MC, Borie E. In vitro tensile strength of luting cements on metallic substrate. *Brazilian Dental Journal* 2014; 25(2): 136-140.
23. Le M, Papia E, Larsson C. The clinical success of tooth-and implant-supported zirconia-based fixed dental prostheses. A systematic review. *Journal of oral rehabilitation* 2015; 42(6): 467-480.
24. Pjetursson BE, Sailer I, Makarov NA, Zwahlen M, Thoma DS. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part II: Multiple-unit FDPs. *Dent Mater* 2015; 31: 624–639.
25. Dogan S, Raigrodski AJ, Zhang H, Mancl LA. Prospective cohort clinical study assessing the 5-year survival and success of anterior maxillary zirconia- based crowns with customized zirconia copings. *J Prosthet Dent* 2017;117: 226-32.
26. Tey VH, Phillips R, Tan K. Five-year retrospective study on success, survival and incidence of complications of single crowns supported by dental implants. *Clin Oral Implants Res* 2017; 28:620-625
27. Cheng CW, Chien CH, Chen CJ, Papaspyridakos P. Randomized Controlled Clinical Trial to Compare Posterior Implant-Supported Modified Monolithic Zirconia and Metal-Ceramic Single Crowns: One-Year Results. *Journal of Prosthodontics* 2019; 28(1):15-21
28. Maroulakos G, Thompson GA, Kontogiorgos ED. Effect of cement type on the clinical performance and complications of zirconia and lithium disilicate tooth-supported crowns: A systematic review. Report of the Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the American Academy of Fixed Prosthodontics. *The Journal of prosthetic dentistry* 2019.
29. Sailer I, Makarov NA, Thoma DS, Zwahlen M, Pjetursson BE. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part I: Single crowns (SCs). *Dental Materials* 2015; 31(6): 603-623.
30. Örtorp A, Kihl ML, Carlsson GE. A 3-year retrospective and clinical follow-up study of zirconia single crowns performed in a private practice. *Journal of dentistry* 2009; 37(9): 731-736.
31. Rinke S, Wehle J, Schulz X, Burgers R, Rodiger M. Prospective Evaluation of Posterior Fixed Zirconia Dental Prostheses: 10-Year Clinical Results. *The International journal of prosthodontics* 2018; 31(1): 35-42.

32. Martins ME, Leite FP, Queiroz JR, Vanderlei AD, Reskalla HN, Ozcan M. Does the ultrasonic cleaning medium affect the adhesion of resin cement to feldspathic ceramic? *J Adhes Dent.* 2012; 14: 507-509.
33. Granell RM, Agustín PR, Fons FA, Román R JL, Solá RMF. Influence of bruxism on survival of porcelain laminate veneers. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2014; 19: e426-32.
34. St Germain Jr HA, St Germain TH. Shear bond strength of porcelain veneers rebonded to enamel. *Operative dentistry* 2015; 40(3): E112-E121, 2015.
35. Yamaguchi H, Ino S, Hamano N, Okada S, Taranaka T. Examination of bond strength and mechanical properties of Y-TZP zirconia ceramics with different surface modifications. *Dental materials journal* 2012; 31(3): 472-480.
36. Inokoshi M, De Munck J, Minakuchi S, Van Meerbeek B. Meta-analysis of bonding effectiveness to zirconia ceramics. *Journal of dental research* 2014; 93(4):329-334.
37. Kirmali O, Kapdan A, Harorli OT, Barutcugil C, Ozarslan MM. Efficacy of ceramic repair material on the bond strength of composite resin to zirconia ceramic. *Acta Odontologica Scandinavica* 2015; 73(1): 28-32.
38. Sciasci P, Abi-Rached FO, Adabo GL, Baldissara P, Fonseca RG. Effect of surface treatments on the shear bond strength of luting cements to Y-TZP ceramic. *The Journal of prosthetic dentistry* 2015; 113(3): 212-219