

SAMUEL ELEUTÉRIO PAIVA SOUSA

Avaliação do efeito de diferentes tratamentos de superfície e tipo de material adesivo na resistência de união de reparo de resina bulk fill envelhecida

São Paulo
2019

SAMUEL ELEUTÉRIO PAIVA SOUSA

Avaliação do efeito de diferentes tratamentos de superfície e tipo de material adesivo na resistência de união de reparo de resina bulk fill envelhecida

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia (Dentística) para obter o título de Mestre em Ciências.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Angela Pita Sobral

São Paulo

2019

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

Catálogo-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Sousa, Samuel Eleutério Paiva.

Avaliação do efeito de diferentes tratamentos de superfície e tipo de material adesivo na resistência de união de reparo de resina bulk fill envelhecida / Samuel Eleutério Paiva Sousa; orientadora Maria Angela Pita Sobral -- São Paulo, 2019.

77 p. : fig., tab., graf. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de Concentração: Dentística – Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão original

1. Bulk fill. 2. Materiais compósitos. 3. Tratamento de superfícies. 4. Silanos. I. Sobral, Maria Angela Pita. II. Título.

Sousa SEP. Avaliação do efeito de diferentes tratamentos de superfície e tipo de material adesivo na resistência de união de reparo de resina bulk fill envelhecida. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em: / /2019

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a **Deus**, meu guia, por ser essencial em minha vida, socorro presente nas horas da angústia, por me dar sabedoria e discernimento para alcançar os meus objetivos.

Aos meus pais **Isael** e **Lenice** que com muito amor e carinho, nunca mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida. Meus exemplos de garra, luta e perseverança. Obrigado por sempre confiarem em mim e torcerem pelo meu sucesso. Todo o meu esforço é dedicado a vocês.

À minha família, em especial a minha irmã **Isadora** e meus tios **Lenilson** e **Sandra**, sei que mesmo de longe vocês sempre torceram por mim e me ajudaram da maneira que podiam.

Ao meu namorado, **Victor Oliveira**. Obrigado por estar ao meu lado desde a graduação, sempre torcendo por mim, me apoiando e incentivando durante todos esses anos. Obrigado pela paciência e compreensão nos momentos mais difíceis nessa nossa jornada em São Paulo. Sou muito grato por poder caminhar e evoluir junto com você. Te amo!

Muito obrigado!

AGRADECIMENTO ESPECIAL

À minha orientadora, Profa. Dra. **Maria Angela Pita Sobral** por todo conhecimento repassado, pela paciência e compreensão. Obrigado por ter aceitado me orientar quando caí de paraquedas na FOU SP sem conhecer ninguém, eu imagino o seu receio ao receber um aluno desconhecido dessa forma. Obrigado por todo carinho, por todas as oportunidades, pela atenção, suporte e cuidado fornecidos durante esta fase da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À **Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo** e ao diretor Prof. Dr. **Rodney Garcia Rocha** por esta oportunidade única de estudar em uma das melhores faculdades de odontologia do mundo.

À Profa. Dra. **Miriam Lacalle Turbino**, chefe do departamento de Dentística. Ao Prof. Dr. **Celso Luiz Caldeira**, coordenador do Programa de pós-Graduação em Dentística.

Aos **professores** do Departamento de Dentística da FOU SP pelos ensinamentos transmitidos durante o curso do mestrado. Sei que cada aula, conversa, orientação, conselhos foram fundamentais na minha formação. Para mim será uma honra e um prazer enorme poder compartilhar esse conhecimento adquirido.

Aos funcionários do Departamento de Dentística, **Aldo, David, Leandro, Selma e Silvana** sempre dispostos a ajudar no que for preciso para a realização das atividades dentro do departamento.

Aos professores **Victor Elias Arana Chavez** e **Rafael Yague Ballester**, por autorizarem o uso de equipamentos e laboratórios do Departamento Biologia Oral e Biomateriais, possibilitando a execução deste trabalho e aos funcionários do Departamento de Biomateriais e Biologia Oral, em especial a **Eli** e ao **Antônio**, sempre presentes e dispostos a ajudar.

Ao Serviço de Informação Documentária e Circulação da FOU SP, em especial à bibliotecária **Glauci**, pelo auxílio prestado nas correções e formatação deste trabalho.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES)**, órgão fomentador da minha bolsa de mestrado (Programa de demanda social, nº de processo: 88882.376603/2019-01). Ao **Programa de Apoio à Pós**

Graduação (PROAP) pela verba disponibilizada para compra de materiais utilizados neste estudo.

À minha amiga e “co-orientadora” **Sandra Cunha**, obrigado por toda ajuda fornecida desde a idealização deste trabalho. Obrigado pela paciência e disponibilidade, por me familiarizar com um método desconhecido, pela ajuda com a estatística. Obrigado por sempre compartilhar comigo sua experiência e seus conhecimentos, sempre arrumando um tempinho para dar aquela checada se estava tudo certo. Muito obrigado!

Aos “queridinhos” **Juliana Pereira** e **Lucas Cortopassi**, muito obrigado pelo companheirismo, pelas palavras de incentivo e apoio nos momentos em que mais precisei. Aos amigos que a pós graduação me deu, **Diana, Leonardo** e **Olívia**. Iniciar essa jornada com vocês sem dúvida tornou tudo mais fácil e prazeroso. Muito obrigado!

Muito obrigado a todos amigos e colegas da pós-graduação: **Alana, Amanda Cavalcante, Amanda Willers, Bia, Bruna, Carolina Pardo, Carol Santos, Carlinhos, Cláudia, Érika, Fernanda, Giovana, Giovanni, Hermano, Iandara, Itallo, Juan, Júlia, Juliana Costa, Juliana Couto, Karin, Laís Gatti, Laís Santos, Letícia, Luiza, Miriam, Rennan, Sávio, Stephanie, Tainá, Yael**. Vocês me mostraram que existe amor em SP. Obrigado pelo acolhimento, pelas parcerias e por toda experiência, não só acadêmica, mas de vida, que vocês puderam compartilhar comigo durante esse período. Obrigado pelos momentos de descontração, pelos churrascos, pelas conversas na sala do Aldo e pela companhia no bandeirão de cada dia. Obrigado por tudo isso! Espero poder contar com vocês por muito tempo ainda.

Aos meus **amigos de Natal e Mossoró** que mesmo de longe sempre torceram por mim. Obrigado por compreenderem esse momento de distanciamento geográfico.

Muito Obrigado!

“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez.”

George Bernard Shaw

RESUMO

Sousa SEP. Avaliação do efeito de diferentes tratamentos de superfície e tipo de material adesivo na resistência de união de reparo de resina bulk fill envelhecida [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2019. Versão Corrigida.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da asperização com ponta diamantada e o jateamento com óxido de alumínio (Al_2O_3) como tratamentos de superfície e diferentes protocolos adesivos, associados ou não ao uso do silano, no reparo da resina composta do tipo bulk fill envelhecida. Cento e cinquenta discos (10 mm x 1,2 mm) de resina composta foram fabricados utilizando a resina composta Filtek™ One Bulk Fill (3M ESPE) e fotoativados durante 20 s, utilizando o equipamento fotopolimerizador de LED (Valo, Ultradent Product Inc. South Jordan, EUA), com a emitância de 1200 mW/cm². A superfície de todos os corpos de prova foi padronizada com uma sequência de lixas e então submetida a um processo de envelhecimento acelerado utilizando uma ciclagem térmica com um total de 5.000 ciclos, com banhos de 5°C e 55°C e tempo de imersão de 30s. Os corpos de prova foram divididos de acordo com o tratamento de superfície a ser realizado: sem tratamento (ST), asperização com ponta diamantada de granulação fina (A) e jateamento com partículas de Al_2O_3 (J). Em seguida, dentro de cada grupo, os corpos de prova foram aleatoriamente distribuídos em 5 subgrupos de acordo com o protocolo adesivo a ser realizado: sem adesivo (SA), Adper Single Bond 2 (SB), Single Bond Universal (SBU), Silano + Adper Single Bond 2 (S+SB) e silano (S), totalizando 15 grupos experimentais (n=10). Após a realização dos tratamentos de superfície e protocolos adesivos, foram confeccionados três cilindros de resina (1,0 mm de diâmetro e 1,0 mm de altura) utilizando a mesma resina composta bulk fill, os mesmos parâmetros e equipamento fotopolimerizador, para simular o reparo. Os corpos de prova foram armazenados por um período de 24 horas em água deionizada em estufa à 37°C e então submetidos ao teste de resistência de união ao microcisalhamento em máquina de ensaio universal com velocidade de 1 mm/min. A área da falha foi analisada com auxílio de um microscópio digital (50x de aumento) para determinação do padrão de fratura. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente pelo teste Análise de

Variância (ANOVA) a dois fatores e em seguida empregado o teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Os valores de resistência de união dos grupos que não receberam tratamento de superfície, independente do protocolo adesivo utilizado, foram inferiores e diferentes estatisticamente daqueles que foram submetidos aos tratamentos de superfície com ponta diamantada ou jateamento ($p < 0,001$). Quando realizada a asperização ou o jateamento o único protocolo adesivo a se diferenciar dos demais, com resultados estatisticamente inferiores foi o protocolo sem adesivo (SA) ($p < 0,001$). Não houve diferença estatística entre os grupos A/SB, A/SBU, A/S+SB e A/S e entre os grupos J/SB, J/SBU, JS+SB e J/S. O grupo J/SBU apresentou maiores valores de resistência de união que o grupo A/SBU ($p < 0,001$). Falhas coesivas no substrato envelhecido e mistas foram os padrões de fratura mais frequentes quando foi realizado o tratamento da superfície, enquanto falhas adesivas foi o padrão mais comum quando não foi realizado tratamento de superfície. Conclui-se que os tratamentos de superfície com ponta diamantada ou jateamento com Al_2O_3 melhoram os valores de resistência de união em um reparo de resina composta do tipo bulk fill e quando associados a utilização de qualquer um dos sistemas adesivos estudados, combinado ou não ao uso do silano, promovem uma boa resistência de união. A utilização do SBU resulta em um maior valor de resistência de união quando aplicado em superfícies tratadas com jateamento com Al_2O_3 .

Palavras chave: Bulk fill. Compósito. Tratamento de superfície. Silano. Reparo.

ABSTRACT

Sousa SEP. The effect of different surface treatments and adhesive material on bond strength of aged bulk fill resin composite repair [dissertation]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2019. Versão Corrigida.

The aim of this study was to evaluate the effect of roughening with diamond bur and air abrasion with aluminum oxide (Al_2O_3) as surface treatments and different adhesive protocols, associated or not with the use of silane, on the repair of aged bulk fill composite resin. One hundred and fifty composite resin disks (10 mm x 1.2 mm) were made with a Filtek™ One Bulk Fill (3M ESPE) resin and photoactivated for 20 s using the LED light-curing unit Valo (Ultradent Product Inc. South Jordan, USA) with an emission of 1200mW/cm². The surface of all specimens was standardized with a sequence of sandpaper and then subjected to an accelerated aging process using thermal cycling (5.000 cycles, 5-55°C, dwell time: 30 s). The specimens were divided according to the surface treatments to be carried out: no surface treatment (NST) roughening with a fine diamond bur (DB), air abrasion with Al_2O_3 (A). Specimens from each surface treatments were randomly assigned into 5 subgroups according to the adhesive protocol to be performed: no adhesive (NA), Adper Single Bond 2 (SB), Single Bond Universal (SBU), silane + Adper Single Bond 2 (S+SB) and silane (S), resulting in 15 experimental groups. After the surface treatments and adhesive protocols, three resin composite cylinders (1.0 mm diameter x 1.0 mm high) of the same bulk fill resin composite were built using the same parameters and light curing unit to simulate the repair. After water storage for 24 hours in deionized water at 37°C, the specimens were subjected to microshear bond strength test in a universal testing machine at a speed of 1 mm/min. The failure area was analyzed under a digital microscope (50x magnification) to identify the fracture pattern. Data were analyzed by two-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey test ($\alpha=0.05$). Groups without surface treatment, regardless of the adhesive protocol used, showed lower bond strength values than the groups treated with diamond bur and air abrasion with Al_2O_3 particles ($p < 0,001$). When surface treatment was done, either diamond bur or air abrasion, the only adhesive protocol to differ from the others, with statistically inferior results was the protocol without adhesive (NA) ($p < 0,001$). There was no statistical

difference between groups DB/SB, DB/SBU, DB/S+SB e DB/S and between groups A/SB, A/SBU, A/S+SB e A/S. The A/SBU group showed higher bond strength value than the DB/SBU group ($p < 0,001$). Cohesive failures in the aged substrate and mixed were the most frequent fracture patterns when surface treatment was performed, while adhesive failures were the most common patter when surface treatment was not performed. It could be concluded that surface treatments with diamond bur or air abrasion with Al_2O_3 improve the bond strength values in a bulk fill composite resin repair and when associated with the use of any of the studied adhesive systems, combined or not with the use of silane, promote satisfactory bond strength values. The use of SBU showed a higher bond strength values when applied to surfaces treated with Al_2O_3 .

Keywords: Bulk fill. Composite. Surface treatment. Silane. Repair.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 4.1 - Matriz metálica bipartida utilizada para confecção dos corpos de prova (A) e conjunto lâminas de vidro, tiras de poliéster, matriz metálica e incremento da resina sendo pressionado para adaptar a resina ao orifício da matriz (B)40
- Figura 4.2 - Disco de resina composta posicionado dentro do tubo de PVC com o topo em contato com a fita dupla face (A) e inclusão do corpo de prova com resina acrílica autopolimerizante (B)..... 41
- Figura 4.3 - Posicionamento da ponta ativa da ponta diamantada paralelamente à superfície da resina composta (A) e aspecto da superfície da resina após a asperização com ponta diamantada (B)43
- Figura 4.4 - Microjato utilizado para jatear a superfície dos corpos de prova com Al_2O_3 44
- Figura 4.5 - Haste metálica fixada ao microjato para padronização da distância de 10mm (A), e aspecto da superfície da resina após o jateamento com Al_2O_3 44
- Quadro 4.1 - Divisão dos grupos experimentais45
- Figura 4.6 - Fita dupla face com 3 perfurações de 1,5mm de diâmetro, colada sobre a superfície da resina (A), aplicação do adesivo nos orifícios da fita dupla face (B), tubos de silicone químico resistente posicionados sobre cada uma das perfurações da fita dupla-face (C) e inserção da resina composta no interior dos tubos de silicone (D) 46
- Quadro 4.2 - Instruções de aplicação dos materiais adesivos47
- Quadro 4.3 - Composição dos materiais utilizados49
- Figura 4.7 - Posicionamento de um corpo de prova em máquina de ensaio universal Instron 5942 (A), fio de aço abraçando o cilindro fixo na célula de carga (B) e fio de aço abraçando o cilindro de resina do corpo de prova (C) ..51

Gráfico 5.1 - Valores médios \pm Desvio padrão de resistência de união ao microcisalhamento (Mpa) dos grupos estudados	54
Gráfico 5.2 - Distribuição em porcentagem (%) dos tipos de fratura para cada grupo estudado.....	55
Figura 5.1 - Aspecto das superfícies dos corpos de prova testados, em função dos possíveis padrões de fratura – Adesiva (A), mista (B) e coesiva em substrato envelhecido (C).....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de variância
Al ₂ O ₃	Óxido de alumínio
h	Hora(s)
LED	Light emitting diode (diodo emissor de luz)
10-MDP	10-metacrilóiloxidecil dihidrogênio fosfato
mm	Milímetro(s)
mm ²	Milímetro(s) quadrado(s)
mm/min	Milímetros por minuto
MPa	Mega Pascal
MPS	3-metacrilóxi-propil-trimetoxissilano
N	Newton
n	Número
p	Probabilidade de significância
pH	Potencial de hidrogênio
psi	Pound force per square inch (libra-força por polegada quadrada)
PVC	Policloreto de vinila
RPM	Rotações por minuto
r	Raio
s	Segundo(s)
SiO ₂	Dióxido de silício
SiC	Carbeto de silício
UDMA	Uretano dimetacrilato
USPHS	United States Public Health Service (Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos)
µm	Micrômetro

LISTA DE SÍMBOLOS

C=C	ligação dupla de carbono
Si-O	ligação simples silício oxigênio
%	por cento
TM	marca não registrada
°C	grau(s) Célsius
α	nível de significância
=	igual
MR	marca registrada
n°	número
π	pi
x	vezes
\pm	mais ou menos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
2	REVISÃO DE LITERATURA	27
2.1	RESTAURAÇÕES ADESIVAS	27
2.2	REPARO DE RESTAURAÇÕES.....	29
2.3	PROTÓCOLOS DE REPARO EM RESTAURAÇÕES DE RESINA COMPOSTA.....	31
3	PROPOSIÇÃO	37
4	MATERIAL E MÉTODOS	39
4.1	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	39
4.2	CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.....	39
4.3	ENVELHECIMENTO TÉRMICO.....	42
4.4	TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE	42
4.4.1	Asperização com ponta diamantada	42
4.4.2	Jateamento com AL_2O_3	43
4.5	CONFECÇÃO DOS CILINDROS PARA O TESTE DE MICROCISALHAMENTO	45
4.6	TESTE DE RESISTÊNCIA DE UNIÃO – MICROCISALHAMENTO.....	51
4.7	ANÁLISE DO PADRÃO DE FRATURA	52
4.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA	52
5	RESULTADOS	53
5.1	TESTE DE RESISTÊNCIA DE UNIÃO – MICROCISALHAMENTO.....	53
5.2	ANÁLISE DO PADRÃO DE FRATURA	55
6	DISCUSSÃO	57
7	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

Restaurações de resina composta são procedimentos comuns na prática clínica devido às suas características estéticas e propriedades adesivas que possibilitam uma maior preservação da estrutura dental sadia.¹ No entanto, as alterações que acontecem no meio bucal, tais como variações de temperatura e pH, além dos esforços mastigatórios, podem levar à degradação dos materiais resinosos ao longo do tempo, levando a necessidade de novas intervenções.^{2,3} Essa degradação pode gerar recidivas de cáries, defeitos marginais, fratura do material restaurador ou da estrutura dental adjacente, ou mesmo descoloração, resultando numa possível necessidade de substituição da restauração.⁴ Diante desta situação há duas possibilidades de intervenção: a substituição de uma restauração, ou a realização de um reparo. No entanto, a substituição de uma restauração pode acarretar em uma possível remoção de estrutura dental sadia, indo contra a filosofia de uma Odontologia minimamente invasiva, que recomenda o reparo ao invés de uma substituição total.^{5,6}

O sucesso de um reparo depende da presença de monômeros que não reagiram na matriz orgânica da resina composta, disponíveis para se ligarem quimicamente ao novo incremento de compósito.⁷ No entanto, durante o envelhecimento do material no meio bucal, esses monômeros que não reagiram são lixiviados da resina composta e a matriz resinosa absorve água, tornando desafiador a união química de um novo compósito devido a redução no número de ligações C=C disponíveis.^{8,9} São essas ligações que permitem a união aos monômeros do novo compósito, favorecendo a adesão.¹⁰ Para contornar essa falta de afinidade química entre a resina envelhecida e o novo material do reparo, têm sido propostas várias técnicas que visam a melhoria da resistência de união de resinas compostas, através da realização de diversos tratamentos de superfície e utilização de agentes adesivos, incluindo condicionamento com ácido fosfórico ou fluorídrico, revestimento de sílica triboquímica, asperização com ponta diamantada, jateamento com óxido de alumínio (Al_2O_3), tratamento com silano e aplicação de adesivos resinosos.¹¹⁻¹⁶

A asperização da superfície melhora o potencial de adesão de um material, pois promove a criação de micro retenções que favorecem o estabelecimento de uma retenção micromecânica entre diferentes componentes.¹⁷ O silano favorece uma melhor interação do agente adesivo com as irregularidades criadas pelo tratamento

de superfície.¹⁸ Essa interação ocorre através do estabelecimento de ligações covalentes do silano com os monômeros da matriz orgânica da resina através de ligações duplas de carbono (C=C), enquanto as ligações às partículas inorgânicas ocorrem por meio do grupamento siloxano.^{19,20} Já os sistemas adesivos, devido a sua menor viscosidade e maior fluidez, escoam mais facilmente sobre a superfície, agindo com um agente intermediário entre a resina composta e a superfície a ser reparada.²¹

Visando simplificar os procedimentos adesivos, recentemente, surgiu uma nova linha de adesivos universais contendo silano em sua composição, além de outros monômeros funcionais, como o 10-metacrilóiloxidecil dihidrogênio fosfato (MDP).^{22,23} Diversos trabalhos têm mostrado que esse material pode ser utilizado como uma alternativa para reparar resina composta, possibilitando uma redução dos passos clínicos durante a execução do reparo.²⁴⁻²⁷

Apesar das inúmeras vantagens das resinas compostas, o estresse associado à sua contração de polimerização consiste numa grande preocupação quando realizamos restaurações com esse material. Além disso, a inserção de incrementos de no máximo 2 mm na cavidade, com o objetivo de permitir uma maior passagem de luz e conseqüentemente possibilitar uma completa polimerização do material, torna o procedimento mais demorado quando se executa restaurações em cavidades maiores.^{28,29} Com o intuito de contornar essas desvantagens, surgiu uma nova classe de resinas compostas, as resinas do tipo bulk fill. Esses materiais possuem algumas modificações em sua composição monomérica e nas partículas de carga que permitem uma menor contração de polimerização quando comparado aos compósitos convencionais e uma maior passagem de luz durante a fotopolimerização, permitindo que ele seja inserido na cavidade em incrementos maiores.^{29,30}

Embora a eficácia de diferentes técnicas de reparo de materiais resinosos já venha sendo discutida na literatura, há poucos trabalhos que investiguem qual o método mais adequado de se reparar resinas do tipo bulk fill.¹² Sendo assim, não existe um consenso de qual seria a melhor forma de proceder com o reparo de uma restauração com resina composta bulk fill, não se conhecendo se o uso prévio do silano na superfície a ser reparada nesse tipo de material favorece ou não a adesão.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 RESTAURAÇÕES ADESIVAS

O desenvolvimento da Odontologia adesiva e o progresso na compreensão da doença cárie possibilitou que os dentistas fizessem mais do que simplesmente remover e substituir o tecido dental doente. Os materiais dentários adesivos tornaram possível conservar estrutura dental sadia, permitindo a realização de preparos cavitários minimamente invasivos, restringindo-se apenas a remoção de tecido cariado, pois uma restauração de resina composta aliada a um sistema adesivo dispensa a realização de retenções mecânicas durante a execução do preparo.^{1,5,31} Além disso, as excelentes características estéticas das resinas compostas associadas ao seu baixo custo de execução (comparado aos materiais indiretos) são algumas das razões para a grande popularidade desses materiais.³²

Durante a confecção de uma restauração de resina composta, a técnica de inserção incremental é recomendada devido algumas limitações do material.²⁸ A disposição em camadas de no máximo 2 mm de espessura melhora a penetração da luz, possibilitando a completa polimerização do material e acredita-se que reduza as tensões geradas pela contração de polimerização na estrutura dental, pois diminui o número de paredes cavitárias unidas à resina composta, diminuindo assim o fator de configuração cavitária. No entanto, a técnica incremental de inserção da resina composta pode ser demorada quando utilizada em grandes cavidades e pode levar à introdução de espaços vazios entre as camadas.²⁹ Além do que, o tempo gasto para inserir, adaptar e fotopolimerizar cada incremento pode aumentar o risco de contaminação, gerando um comprometimento da restauração, que necessita de um campo operatório limpo e seco.³³

A demanda por novos materiais que reduzam o tempo clínico e facilitem a execução da técnica restauradora fez surgir uma nova linha de resinas compostas, as resinas tipo bulk fill. Este material apresenta algumas modificações em sua composição monomérica e partículas de carga, que possibilitam a inserção de incrementos únicos ou maiores dentro da cavidade, ao contrário da técnica de inserção incremental convencional, sem afetar negativamente as tensões geradas

pela contração de polimerização, a adaptação à cavidade ou o grau de conversão desse materiais.^{29,34} Supõe-se que essa redução nas tensões geradas pela contração de polimerização ocorre devido a adição de “moduladores de polimerização”, componentes químicos que aumentam a flexibilidade, promovendo um maior relaxamento durante a formação da cadeia polimérica.³⁰ A utilização de monômeros modificados como o AUDMA (uretano dimetacrilato aromático) é um exemplo desse tipo de modulador que permite a utilização de incrementos maiores, possibilitando uma redução no tempo de inserção do material na cavidade, e uma redução das falhas da sensibilidade técnica restauradora.³⁵

Outra alteração na composição do material, consiste na redução da quantidade de partículas de carga e no aumento do tamanho dessas partículas.³⁶ Essa alteração na porção inorgânica aumenta a translucidez da resina, reduzindo a quantidade de dispersão e aumentando a quantidade de luz absorvida favorecendo a ativação do fotoiniciador,^{29,37} e conseqüentemente permitindo uma maior conversão monomérica nas porções mais profundas do incremento.³⁸

A presença de água, saliva e metabólitos ácidos, provenientes de bactérias cariogênicas, na cavidade bucal, podem provocar a degradação física e hidrolítica do material restaurador. As resinas do tipo bulk fill, assim como as resinas compostas convencionais, estão susceptíveis a esse processo de degradação.^{39,40} Alguns estudos têm mostrado uma redução nas propriedades físicas e mecânicas dessas resinas.^{36,41} Essa associação de fatores pode vir a afetar negativamente o comportamento clínico da restauração, pois podem favorecer o surgimento de alterações na forma anatômica, instabilidade de cor, aumento na rugosidade de superfície, alterações no brilho da restauração e uma maior degradação hidrolítica do material.⁴²

Embora a resistência à degradação no ambiente bucal possua um impacto significativo na longevidade e no sucesso clínico dos materiais dentários,⁴³ outros fatores também devem ser levados em consideração. Fatores relacionados ao paciente, como risco de cárie, presença de hábitos parafuncionais, idade, exigências estéticas ou mesmo condições socioeconômicas, além de fatores relacionados ao operador podem afetar significativamente o tempo de sobrevivência de uma restauração.⁴⁴ Além disso, o processo de tomada de decisão sobre qual conduta adotar diante de uma restauração com defeitos pode variar amplamente entre os dentistas. A conduta adotada após avaliar clinicamente a falha de uma restauração

pode variar de não intervir, substituir ou reparar a restauração e este processo de tomada de decisões é provavelmente o fator mais determinante para a longevidade das restaurações.^{44,45}

2.2 REPARO DE RESTAURAÇÕES

De acordo com Hickel et al., reparo é uma abordagem minimamente invasiva que implica na adição de material restaurador com ou sem a necessidade de preparo no material e/ou estrutura dentária.⁴⁶

Tyas et al. trazem uma ampla visão dos conceitos de mínima intervenção em Odontologia, descrevendo uma série de técnicas sugeridas para uma abordagem minimamente invasiva, mostrando a possibilidade de se reparar restaurações e suas vantagens em relação a sua total substituição. Ainda segundo esses autores, a completa substituição de uma restauração aumenta os riscos de tratamentos mais complexos e onerosos, além de aumentar as chances de lesionar os tecidos sadios adjacentes.⁵

Gordon et al. avaliaram o efeito de diferentes desenhos e profundidade de cavidade na dimensão de preparos de restaurações classe I realizados durante a substituição da restauração. Um total de 40 cavidades classe I, cujas profundidades variaram de 1,5 a 2,5 mm, foram preparadas em pré-molares extraídos. As cavidades tiveram suas dimensões registradas e posteriormente foram restauradas com resina composta. Todos os grupos foram divididos em subgrupos, onde metade dos dentes foram restaurados com uma resina que se assemelhasse a cor do dente e a outra metade foi restaurada com uma resina que diferia em três tons da cor do dente. Após um período de 168 horas em água destilada, as restaurações foram removidas. Novas impressões foram feitas e um total de 80 moldes foram fabricados. As dimensões das cavidades preparadas foram comparadas com as cavidades iniciais. Os resultados mostraram que a profundidade da cavidade teve efeito estatisticamente significativo na alteração da dimensão quando comparado a cavidade original. As cavidades com 2,5 mm de profundidade apresentaram maior perda de estrutura dental e não foi encontrada nenhuma diferença estatisticamente significativa para diferentes desenhos de cavidade ou combinação de cores de resina. Desse modo, concluíram

que a substituição de restaurações Classe I de resina composta resulta em perda de estrutura dental.⁴⁷

Blum et al. apontam uma série de outras vantagens de se reparar, ao contrário de substituir uma restauração, tais como: redução dos efeitos nocivos que podem causar alterações pulpares, em reparos pequenos dispensa o uso de anestésicos locais, redução no risco de danos iatrogênicos em dentes adjacentes, diminuição do tempo de tratamento, implica em menos custo para o paciente, aumenta a longevidade da restauração e desacelera o chamado “espiral da morte restauradora”.^{48,49}

Em um ensaio clínico duplo-cego, Fernandez et al. avaliaram a longevidade de reparos de defeitos clínicos em restaurações de resina composta que haviam sido inicialmente planejadas para serem tratadas com a substituição da restauração. Foram selecionados 28 pacientes, entre 18 e 80 anos, com 50 restaurações de resina composta. As restaurações com defeitos marginais, anatômicos e/ou recidivas de cáries adjacentes à restauração foram aleatoriamente designadas a serem reparadas ou substituídas. A qualidade das restaurações foi pontuada por dois examinadores de acordo com os critérios USPHS modificados, no início do estudo e após um período de 10 anos. Após uma década, os dois grupos comportaram-se de maneira semelhante nos parâmetros de adaptação marginal, cárie adjacente à restauração, anatomia e cor. Desse modo, o reparo de resinas compostas defeituosas como tratamento alternativo para aumentar a sua longevidade provou ser um tratamento seguro e efetivo em longo prazo.⁶

O reparo está indicado principalmente em casos de defeitos localizadas, condições clinicamente insatisfatórias que não são mais aceitáveis e a reparabilidade desses defeitos está intimamente ligada à sua localização e tamanho, portanto, se é acessível para a realização do reparo ou não.⁵⁰

De acordo com Blum et al. e Hickel et al. há algumas condições clínicas passíveis de serem reparadas, são elas: lesões de cárie cavitadas adjacentes à margem da restauração, que permanecem ativas mesmo após adoção de medidas de controle, defeitos marginais com evidência de acúmulo de biofilme, pigmentação marginal que cause comprometimento estético, correção de cor superficial, fratura marginal do material restaurador, lascamento ou fratura parcial do material restaurador, fratura marginal de esmalte, perda erosiva/abrasiva de estrutura dentária

na margem da restauração, desgaste da restauração, pequenas fraturas de cúspide e de preenchimento de cavidade após acesso endodôntico.^{49,50}

No entanto, essa decisão de tratamento não deve ser baseada apenas em critérios dente-específico, ela deve ser baseada no risco de cárie dos pacientes, no julgamento do profissional dos benefícios *versus* riscos e nos princípios conservadores do preparo cavitário.^{3,5} Além disso, de acordo com Blum e Ozcan, critérios paciente-específico devem ser considerados. Pacientes bem motivados em relação a sua saúde bucal, bem informados, cujas restaurações podem ser monitoradas com uma maior frequência são excelentes candidatos para procedimentos de reparo. Outro grupo de pacientes aptos a receber esse tipo de tratamento são pacientes com histórico médico complexo ou com baixo grau de cooperação com o tratamento, visto que nesses indivíduos as intervenções devem ter uma baixa complexidade e despendem menos tempo clínico.⁵¹

2.3 PROTOCOLOS DE REPARO EM RESTAURAÇÕES DE RESINA COMPOSTA

A partir da introdução das resinas compostas no mercado, os pesquisadores têm buscado métodos de reparar restaurações de resina através da adição de um novo compósito ao envelhecido.⁵² O reparo de uma restauração geralmente é realizado após um certo período de sua confecção.⁵³ No entanto, o número de grupamentos metacrilato que não reagiram diminui com o passar do tempo, reduzindo o potencial de ligação à uma nova resina do reparo. Desse modo, a idade de uma restauração a ser reparada exerce um importante papel na resistência de união de reparos em resina composta.⁵⁴ Diferentes técnicas e a utilização de diferentes materiais têm sido propostas para contornar esse problema e melhorar a resistência de união entre as resinas. Contudo, as etapas da técnica de execução do reparo e os materiais utilizados variam amplamente entre os mais diversos protocolos propostos, independentemente dos diferentes tipos de materiais a serem reparados.⁵⁵

A resistência de união em um reparo depende da composição do substrato a ser reparado.^{15,56} À medida que a composição das resinas compostas pode variar entre as diferentes marcas comerciais, esses materiais podem reagir de maneiras diferentes a várias técnicas de reparo. Portanto, não há uma técnica de reparo que

possa ser aplicada universalmente. Para se obter uma resistência de união satisfatória é fundamental conhecer a composição do material, a fim de se escolher a técnica de reparo mais adequada.¹⁸

Um novo compósito pode ser retido ao material da restauração antiga através de retenção macromecânica, micromecânica ou através de ligações químicas. A retenção macromecânica pode ser alcançada através de orifícios de retenção, recortes ou apenas tornando áspera a superfície com uma ponta diamantada grossa.^{17,57}

Já a retenção micromecânica, além do emprego de pontas diamantadas de granulação mais fina,^{11,58} pode ser obtida por meio do condicionamento com ácido fluorídrico, que promove uma dissolução parcial das partículas de carga através da quebra da ligação Si–O no dióxido de silício (SiO_2), também conhecido como sílica, o principal componente da maioria das partículas de carga em resinas compostas.²¹ Um método alternativo consiste na abrasão à ar com pó de óxido de alumínio ou o jateamento de partículas de Al_2O_3 modificadas por sílica, que podem ser empregados para a criação de microrretenções.^{8,9,13,14,16,18,21,24,59,60}

Na técnica do jateamento de partículas de Al_2O_3 modificadas por sílica, apesar da proposta do melhoramento químico através da incorporação da sílica nas partículas de Al_2O_3 , alguns pesquisadores afirmam que a sua utilização não promove uma maior resistência de união quando comparado as partículas de Al_2O_3 convencionais^{13,15,61} e acreditam que a influência do tamanho da partícula é mais relevante do que a sua composição química. Partículas maiores tendem a produzir uma rugosidade superficial mais profunda, melhorando a ligação entre os materiais do reparo.⁶² Diversos estudos sugerem a utilização de partículas de Al_2O_3 com $50\mu\text{m}$ de tamanho para o tratamento do substrato a ser reparado^{9,14-18,24,59,61,63} e que quando jateadas a uma distância de 10 mm da superfície, com uma pressão de 60 psi, promovem a criação de microrretenções que favorecem a união do material do reparo.^{9,14,24}

Os trabalhos têm mostrado que melhores resultados de resistência de união em reparos de resina composta são obtidos quando o jateamento é realizado para criar as microrretenções se comparado ao tratamento de superfície realizado com o ácido fluorídrico.⁶⁴ Alguns estudos não recomendam o condicionamento da superfície com ácido fluorídrico pois este pode remover por completo as partículas de carga

inorgânica do compósito, retirando possíveis sítios de ligação para o material do reparo e, portanto, reduzindo a resistência de união entre esses materiais.^{21,65}

Em contrapartida, diferente do jateamento, o tratamento de superfície com instrumentos rotatórios é um procedimento fácil e econômico, que não requer a utilização de equipamentos adicionais ou substâncias químicas.^{16,58} A criação de microrretenções através da utilização de pontas diamantadas têm sido relatada na literatura, os trabalhos mostram a utilização de instrumentos com granulação extra fina, fina, média e grossa.^{14,25,62} Embora alguns autores afirmem que a granulação do instrumento não interfira na adesão,¹¹ pontas diamantadas de granulação fina geralmente apresentam melhor desempenho que as de granulação média e extra fina no que diz respeito à resistência de união de reparo mesmo quando o substrato é submetido a um processo de envelhecimento.⁵⁸

A união química entre os materiais em um reparo pode ser estabelecida entre a nova resina e as partículas de carga do material a ser reparado através da aplicação de um agente silano.^{19,20,66,67} O silano é utilizado para modificar as superfícies de materiais inorgânicos com o objetivo de melhorar a adesividade aos materiais orgânicos.⁶⁸ Os agentes de união silano estão, atualmente, disponíveis em dois tipos: hidrolisados ou não hidrolisados. Os silanos hidrolisados apresentam-se prontos para o uso e devem ser aplicados como uma etapa separada durante o procedimento, prévia a aplicação do adesivo. O silano não hidrolisado deve ser previamente ativado por um ácido, geralmente um monômero ácido, que, dependendo do sistema adesivo utilizado, está presente no primer ou no adesivo.⁶⁹ A maioria dos agentes silano comercialmente disponíveis possuem um composto trialcóxissilano pré-hidrolisado, por exemplo o 3-metacriloxipropiltrimetoxissilano (MPS), como principal componente em sua composição. Este composto encontra-se diluído em água e etanol e sua concentração pode variar entre 1-10% em volume nas diferentes marcas comerciais.²⁰

Um agente de união silano é uma molécula bifuncional, ou seja, possui dois grupamentos funcionais nas extremidades de sua estrutura molecular que são responsáveis pela união entre a matriz de resina não polimerizada e um substrato inorgânico. Sua fórmula geral é $L-(CH_2)_K-Si-(OR)_3$, onde L é um grupo organofuncional que contém um grupo reativo, como metacrilato, acrilato, isocianato ou grupo epóxi, que se ligam a materiais orgânicos. O $-(CH_2)_K$ é um grupo de espaçamento que separa o grupo organofuncional e o átomo de Si, já o $-OR$ é um

grupo alcóxi hidrolisável que forma ligações covalentes ou ligações de hidrogênio com grupos alcóxi na superfície de materiais inorgânicos.^{20,68}

De acordo com Lung e Matinlinna, a formação da ligação do substrato de resina com agentes silano pode ser dividida em duas etapas: formação da ligação entre silano e substrato, que é ativada por ácido, e a formação da ligação entre a nova resina e o silano, ativada pela fotoativação. O silano é ativado por ácido para formar grupos silanol com os grupos hidroxila da superfície do substrato por uma reação de condensação, quando aplicado a uma superfície tratada (ex.: um substrato revestido por sílica). Já a reação entre os grupos organofuncionais e grupos funcionais dos monômeros da resina é induzida pelos radicais livres reativos gerados pela fotoativação dos componentes iniciadores na matriz da resina. A reação desses radicais livres entre monômeros da resina e moléculas do silano forma uma nova ligação C–C sigma e, como resultado, o compósito e a superfície do substrato são conectados pelo agente silano.⁷⁰

Estudos *in vitro* mostraram efeitos positivos do uso do agente silano em reparos de resina composta quando comparados com aquelas situações onde não foi utilizado o silano,^{24,60,67,71} enquanto outros estudos não conseguiram encontrar um efeito benéfico.^{59,72} Loomans et al. avaliaram o efeito do uso do silano, associado ou não a diferentes técnicas de tratamento de superfície, na resistência de união de reparo de resinas compostas indiretas, e observaram que o efeito do silano é material- e tratamento de superfície-dependente.¹⁵ Isto é explicado pela diferente composição das partículas de carga entre os materiais testados e pela capacidade distinta dos tratamentos de superfície em expor essas partículas para o acoplamento químico com as moléculas do silano.⁵⁸

Embora a retenção micromecânica seja a base do processo de reparo de uma resina composta, a aplicação de um adesivo como um agente intermediário é recomendada para melhorar a molhamento do substrato.¹⁷

Existem três possíveis mecanismos responsáveis pelo efeito dos materiais intermediários (adesivos) na ligação entre as resinas do substrato e a resina do reparo, são eles: a formação de ligações químicas na matriz orgânica, a formação de ligações químicas às partículas de carga expostas e a retenção micromecânica causada pela penetração dos componentes monoméricos em micro irregularidades na matriz.⁷¹ No entanto, é pouco provável que essas ligações químicas exerçam um papel importante na resistência de união de um reparo. Rinastiti et al. avaliaram o efeito da utilização

de diferentes sistemas adesivos na resistência de união de reparo de compósitos com partículas de carga de tamanhos distintos, e constataram que a utilização de um adesivo não necessariamente resulta em um aumento significativo nos valores de resistência de união, quando o substrato não recebe nenhum tratamento de superfície prévio. Em contrapartida, o jateamento antes da utilização de um adesivo, resultou em um aumento significativo dos valores de resistência de união quando comparado ao grupo controle, sendo esse aumento associado a formação de uma superfície áspera formando um meio para um imbricamento com o adesivo.⁷

A demanda por materiais ou estratégias que permitam técnicas mais simples e menos sensíveis, fez os fabricantes desenvolverem sistemas adesivos mais fáceis de utilizar.⁷³ Os adesivos universais ou multi-modo surgiram com essa finalidade e oferecem a opção de selecionar a estratégia de adesão – condicione e lave, autocondicionante, ou uma estratégia alternativa de condicionamento seletivo de esmalte.⁷⁴ Além disso, esses adesivos oferecem a versatilidade de uso para colagem de vários tipos de materiais restauradores diretos e indiretos, como resina composta, cerâmicas, zircônia e metais.^{75,76}

Em geral, os adesivos universais diferem dos demais pois apresentam um pH mais ácido, além disso, alguns fabricantes têm incorporado um silano em sua composição com o objetivo de simplificar os protocolos de ligação vitrocerâmica.^{23,77} No entanto, estudos têm mostrado que os grupos silanol são mais estáveis e reativos quando utilizados separadamente e não estão combinados com monômeros resinosos.⁷⁸ Além do que, o pH ácido dos adesivos universais reduz a efetividade de união do silano incorporado ao material.⁷⁹

Apesar da composição similar aos adesivos autocondicionantes mais antigos, os adesivos universais contêm monômeros carboxilato e/ou fosfato funcionais específicos, como o di-hidrogenofostato 10-metacrilóiloxidécilo (10-MDP ou MDP).²³ O 10-MDP é um monômero de fosfato que se liga ionicamente à dentina formando sais de cálcio hidroliticamente estáveis na hidroxiapatita na forma de “nano camadas”.⁸⁰ Esse tipo de monômero promove uma união química mais efetiva e estável em água do que a promovida por outros monômeros funcionais.⁷³ Além disso, tem sido relatado que ele é capaz de se ligar quimicamente aos óxidos em zircônia enquanto copolimeriza com os monômeros da resina do agente cimentante.⁸¹ Essa ligação ocorre devido a presença de dois grupos funcionais, um grupo ácido fosfórico que é responsável pela união a grupos hidroxila presente na superfície da zircônia e

a grupos ácido carboxílico (metacrilato) que quando polimerizado, se liga a resina composta.⁸²

Alguns estudos avaliaram o desempenho dos adesivos universais quando utilizados como agentes intermediários em reparos de resinas compostas envelhecidas ou resinas compostas pré-polimerizadas para restaurações indiretas. Os estudos que avaliaram o efeito do uso desses adesivos para reparar resinas compostas pré-polimerizadas envelhecidas, recomendam uma abrasão a ar prévia para uma união eficaz.^{13,72} Para resinas compostas diretas envelhecidas, tanto o jateamento com partículas de Al_2O_3 quanto a asperização com ponta diamantada são recomendados para melhorar a resistência de união do reparo.^{24,25,27,83} No entanto, a composição de um adesivo universal contendo silano, pode por si só influenciar na resistência de união de um reparo.^{13,67} Segundo Arpa et al. a média dos valores de resistência de união obtidos quando esse material é utilizado sozinho, sem a realização de tratamento de superfície prévio, são significativamente maiores do que quando se utiliza um adesivo sem silano em sua composição.¹³

3 PROPOSIÇÃO

Este estudo in vitro teve como objetivo avaliar o efeito da asperização com ponta diamantada e o jateamento com óxido de alumínio como tratamentos de superfície e diferentes protocolos adesivos, associados ou não ao uso do silano, no reparo da resina composta do tipo bulk fill envelhecida.

Com isso, duas hipóteses nulas foram levantadas:

- 1) O tratamento de superfície não influencia na resistência de união em reparos de resina composta do tipo bulk fill;
- 2) O protocolo adesivo não interfere nos valores de resistência de união em reparos de resina composta bulk fill.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O presente estudo seguiu um delineamento experimental, aleatorizado, com dois fatores de variação:

1) Tratamento de superfície, apresentando 3 níveis:

- Sem tratamento de superfície (ST);
- Asperização com ponta diamantada (A);
- Jateamento com Al_2O_3 (J)

2) Protocolo adesivo, apresentando 5 níveis:

- Sem adesivo (SA);
- Adper Single Bond 2 (SB);
- Single Bond Universal (SBU)
- Silano + Adper Single Bond 2 (S+SB);
- Silano (S);

As unidades experimentais foram corpos de prova confeccionados em resina composta bulk fill (n=10). A variável de resposta foi resistência de união obtida através do teste de microcisalhamento.

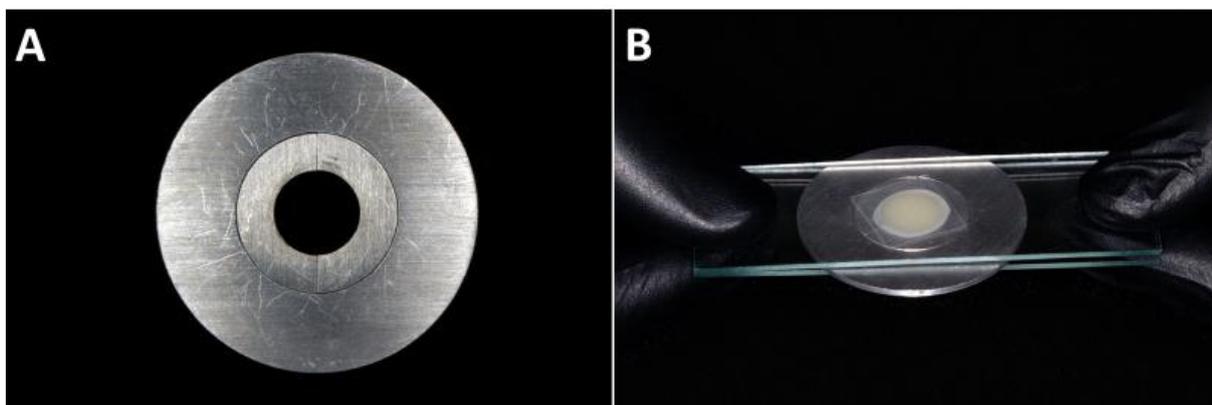
4.2 CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Foram confeccionados 150 corpos de prova utilizando a resina composta Filtek™ One Bulk Fill (3M ESPE, St. Paul, Minnessota, EUA) na cor A2. Todos os corpos de prova foram preparados com auxílio de uma matriz metálica de alumínio

bipartida no formato circular com 10 mm de diâmetro e 1,2 mm de espessura (Figura 4.1 A).

Os corpos de prova foram confeccionados sobre uma lâmina de vidro polida onde foi posicionada uma tira de poliéster e em sequência a matriz metálica. A resina composta foi inserida em um único incremento dentro da matriz com auxílio de uma espátula para resina do tipo Suprafil nº 2. Sobre o incremento foi colocada uma nova tira de poliéster e uma segunda lâmina de vidro. O conjunto foi pressionado até que toda a resina se espalhasse pelo orifício da matriz (Figura 4.1 B) e então a resina composta foi fotoativada durante 20 s, no topo do corpo de prova, com o equipamento fotopolimerizador de LED (Valo, Ultradent Product Inc. South Jordan, EUA), no modo Standard com a emitância de 1200 mW/cm². A emitância do fotopolimerizador foi conferida antes da fotoativação com auxílio de um radiômetro (RD-7 ECEL, Ribeirão Preto, SP, Brasil).

Figura 4.1 – Matriz metálica bipartida utilizada para confecção dos corpos de prova (A) e conjunto lâminas de vidro, tiras de poliéster, matriz metálica e incremento da resina sendo pressionado para adaptar a resina ao orifício da matriz (B)



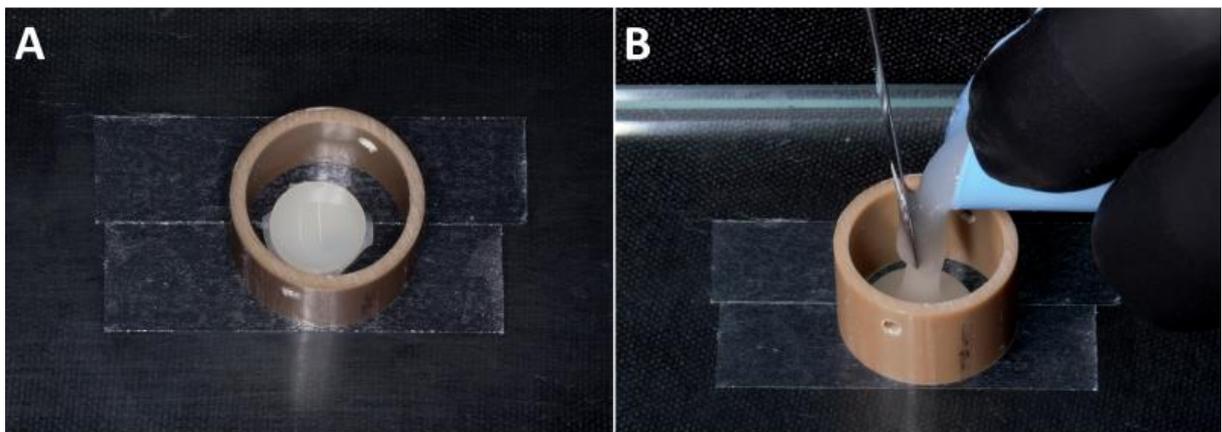
Fonte: O autor

Após a fotoativação foram feitas marcações com uma lâmina de bisturi na base dos corpos de prova com o intuito de diferenciar base e topo. Em seguida os corpos de prova foram removidos da matriz e armazenados em água deionizada em estufa na temperatura de 37°C, por um período de 24 h.

Em sequência, cada corpo de prova foi incluído em resina acrílica incolor auto polimerizante (JET – Artigos Odontológicos Clássico, São Paulo, SP, Brasil) (Figura

4.2 B). Para a inclusão foi utilizada uma placa de vidro, na qual uma fita adesiva dupla face foi colada, sobre ela foram posicionados tubos de PVC (de 20 mm de diâmetro e 13 mm de altura) e os discos de resina composta foram alocados dentro dos mesmos de maneira que a superfície plana do corpo de prova, correspondente ao topo, ficasse em contato com a fita dupla face (Figura 4.2 A).

Figura 4.2 – Disco de resina composta posicionado dentro do tubo de PVC com o topo em contato com a fita dupla face (A) e inclusão do corpo de prova com resina acrílica autopolimerizante (B)



Fonte: O autor

Em seguida, a superfície dos corpos de prova foi padronizada utilizando uma sequência de lixas SiC (Buehler Ltd. Lake Bluff, IL, EUA) de granulação #320 #400 e #600 por 30 s cada, com irrigação abundante em politriz (Ecomet 3000, Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, EUA) e velocidade padronizada em 150 rpm. Após o polimento, os corpos de prova foram lavados em cuba ultrassônica (Shenzhen Codyson Electrical Co., Ltd., Guangdong, China) por 10 minutos para limpeza e remoção de resíduos.

4.3 ENVELHECIMENTO TÉRMICO

Os corpos de prova foram submetidos ao processo de envelhecimento acelerado em um equipamento de ciclagem térmica (Modelo: 521.2.E, Ética Equipamentos Científicos S.A., São Paulo, SP, Brasil). O protocolo de envelhecimento acelerado utilizado constituiu em banhos alternados em água a 5°C e 55°C \pm 3°C por 5.000 ciclos, sendo considerado 01 ciclo uma imersão em banho frio, seguida de uma imersão em banho quente. O tempo de imersão foi de 30 s em cada banho e o tempo de transferência entre os banhos, 03 segundos.^{53,58} Todos os corpos de prova foram expostos às mesmas condições ambientes, sem distinção e após esse processo, seguiram para as etapas de tratamentos de superfície e confecção dos cilindros para execução do teste de microcisalhamento.

4.4 TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE

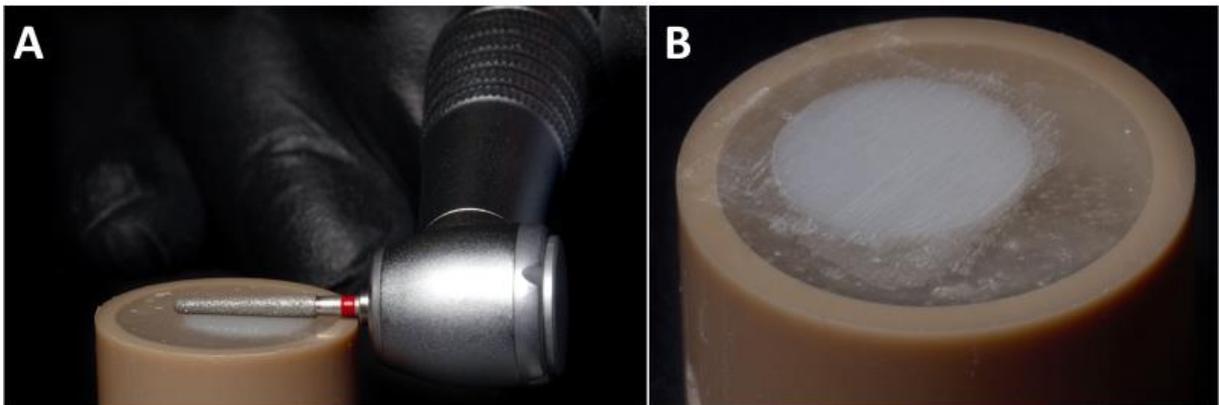
Após o envelhecimento térmico os 150 corpos de prova foram aleatoriamente distribuídos de acordo com o tratamento de superfície: sem tratamento, asperização com ponta diamantada (A) e jateamento com óxido de alumínio (J) (n=50). Todos os procedimentos de tratamento de superfície foram executados por um único operador, previamente treinado e calibrado. Nas amostras sem tratamento de superfície nenhum tipo de procedimento foi realizado previamente a confecção dos cilindros.

4.4.1 Asperização com ponta diamantada

50 corpos de prova foram asperizados utilizando uma ponta diamantada de granulação fina (#4138F, KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil) acoplada a um motor de alta rotação (EXTRAorque 605C, Kavo do Brasil Ind. Com. Ltda., Joinville, SC, Brasil), por 10 segundos, sob refrigeração. A ponta diamantada foi posicionada paralelamente à superfície do corpo de prova de modo que toda sua ponta ativa tocasse a superfície

da resina composta durante o procedimento, executando movimentos de vai e vem em um único plano (Figura 4.3 A), ao final do procedimento toda a superfície da resina composta apresentava-se com riscos (Figura 4.3 B). Foi padronizada a troca da ponta diamantada a cada 10 corpos de prova. A pressão manual exercida durante esta etapa foi previamente treinada em um estudo piloto para a padronização do procedimento.

Figura 4.3 – Posicionamento da ponta ativa da ponta diamantada paralelamente à superfície da resina composta (A) e aspecto da superfície da resina após a asperização com ponta diamantada (B)



Fonte: O autor

4.4.2 Jateamento com Al_2O_3

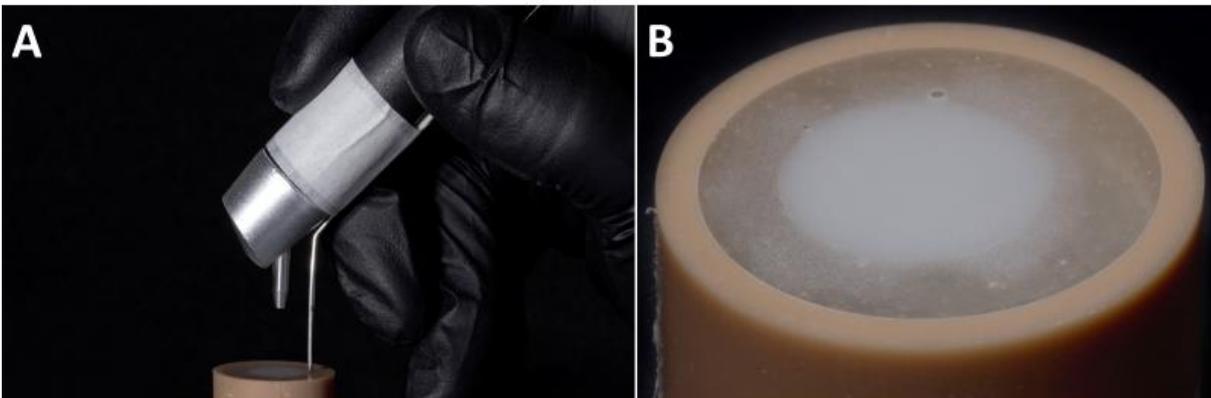
Com o auxílio de um microjato (Standard, Bio-Art Equipamentos Odontológicos Ltda. São Carlos, SP, Brasil), 50 corpos de prova foram tratados com partículas de pó de óxido de alumínio de $50\ \mu m$ (Bio-Art Equipamentos Odontológicos Ltda. São Carlos, SP, Brasil) (Figura 4.4), por 10 s, a uma distância de 10 mm da superfície da resina e pressão de 60 psi. Uma haste metálica foi presa ao dispositivo para padronizar a distância entre a ponta do microjato e a superfície da resina composta (Figura 4.5 A). Durante o jateamento, foram executados movimentos de varredura em um único sentido, perpendicularmente a superfície (ângulo de 90°) ao final do procedimento toda a superfície da resina composta apresentava-se fosca (Figura 4.5 B).

Figura 4.4 – Microjato utilizado para jatear a superfície dos corpos de prova com Al_2O_3



Fonte: O autor

Figura 4.5 – Haste metálica fixada ao microjato para padronização da distância de 10mm (A), e aspecto da superfície da resina após o jateamento com Al_2O_3 (B)



Fonte: O autor

4.5 CONFECÇÃO DOS CILINDROS PARA O TESTE DE MICROCISALHAMENTO

Após os tratamentos de superfície, os corpos de prova de cada um dos tratamentos de superfície, foram aleatoriamente distribuídas de acordo com o protocolo adesivo a ser realizado: Sem adesivo (SA); Adper Single Bond 2 (3M ESPE, St. Paul, Minnessota, EUA) (SB); Adesivo com silano – Single Bond Universal (3M ESPE, St. Paul, Minnessota, EUA) (SBU); Silano (RelyX^{MR} Agente Silano, 3M ESPE, St. Paul, Minnessota, EUA) (S) e Silano + Adesivo sem silano – Adper Single Bond 2 (S+SB), totalizando 15 grupos experimentais (n=10) (Quadro 4.1).

Com o objetivo de limpar a superfície a ser reparada, todos os grupos foram previamente condicionados com ácido fosfórico 37% (Condac 37, FGM Dentscare LTDA, Joinville, Santa Catarina, Brasil) por 15 s, lavados com jato de ar + água e secos com jato de ar, ambos por 30 s. Os procedimentos de lavagem e secagem das amostras foram executados a uma distância de 50 mm, padronizada com o auxílio de uma haste metálica presa a ponta da seringa tríplice.

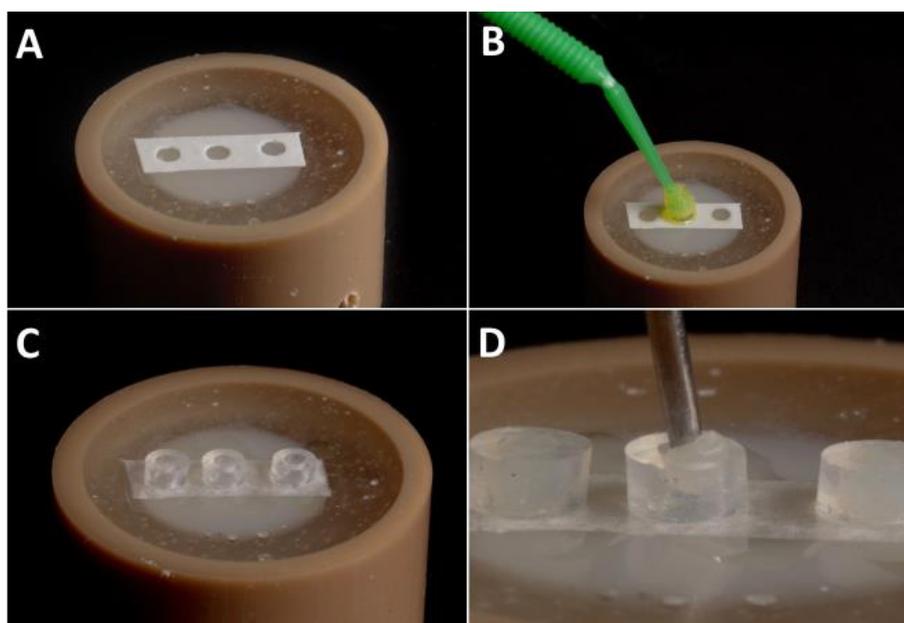
Quadro 4.1 – Grupos experimentais

Tratamento de superfície	Protocolo Adesivo	Grupo
Sem tratamento	Sem adesivo	ST/SA
	Adper Single Bond 2	ST/SB
	Single Bond Universal	ST/SBU
	Silano + Adper Single Bond 2	ST/S+SB
	Silano	ST/S
Asperização com ponta diamantada	Sem adesivo	A/SA
	Adper Single Bond 2	A/SB
	Single Bond Universal	A/SBU
	Silano + Adper Single Bond 2	A/S+SB
	Silano	A/S
Jateamento com Al₂O₃	Sem adesivo	J/SA
	Adper Single Bond 2	J/SB
	Single Bond Universal	J/SBU
	Silano + Adper Single Bond 2	J/S+SB
	Silano	J/S

Fonte: O autor

Utilizando um perfurador de lençol de borracha, modelo Ainsworth, foram feitas 3 perfurações de 1,5 mm de diâmetro em fita dupla face (3M Manaus Indústria de Produtos Químicos Ltda, Manaus, AM, Brasil). Em seguida a fita foi colada sobre a superfície da resina (Figura 4.6 A) a ser reparada e os protocolos adesivos foram realizados nos espaços delimitados pelas perfurações, de acordo com as instruções do fabricante (Quadro 4.2) com auxílio de um microaplicador descartável APLIK regular (Angelus Ind. De Produtos Odontológicos S/A, Londrina, PR, Brasil) (Figura 4.6 B).

Figura 4.6 – Fita dupla face com 3 perfurações de 1,5mm de diâmetro, colada sobre a superfície da resina (A), aplicação do adesivo nos orifícios da fita dupla face (B), tubos de silicone químico resistente posicionados sobre cada uma das perfurações da fita dupla-face (C) e inserção da resina composta no interior dos tubos de silicone (D)



Fonte: O autor

Quadro 4.2 – Instruções de aplicação dos materiais adesivos

Material	Instruções de aplicação	Tempo de secagem	Tempo de fotoativação
Adper Single Bond 2	Aplicar ativamente 2 camadas por 15 s(cada)	5 s	10 s
Single Bond Universal	Aplicação ativa por 20 s	5 s	10 s

Fonte: O autor

O agente silano utilizado não contém informações quanto ao tempo de aplicação, e assim foi padronizado a aplicação de uma fina camada, seguindo-se com a secagem com jato de ar durante 60 s. Os adesivos foram fotoativados utilizando o equipamento fotopolimerizador de LED (Valo, Ultradent Product Inc. South Jordan, EUA), no modo Standard com a emitância de 1200 mW/cm². Em seguida, três tubos de silicone químico resistente com dimensões de 1,0 mm de diâmetro interno e 1,0 mm de altura foram posicionados, um sobre cada uma das perfurações da fita dupla-face (Figura 4.6 C). Com o auxílio de um condensador duplo número 1-2 (Odous de Deus, Belo Horizonte, MG, Brasil) a resina composta Filtek™ One Bulk Fill (3M ESPE, St. Paul, Minnessota, EUA) na cor A2 era introduzida e condensada no interior dos cilindros e posteriormente fotoativada por 20 s, utilizando os mesmos parâmetros e equipamento fotopolimerizador utilizado anteriormente, resultando em três cilindros por corpo de prova (Figura 4.6 D). O Quadro 4.3 mostra a composição dos materiais utilizados nesse estudo.

Os corpos de prova foram então imersos em água deionizada e armazenados em estufa a 37°C durante 24 h. Após esse período os tubos de silicone e as fitas dupla-face foram removidos com auxílio de uma lâmina de bisturi nº11 e uma pinça clínica, e as interfaces adesivas foram analisadas com auxílio de um microscópio digital (Dino-Lite Digital Microscope; AnMo Electronics Corp., New Taipei City/San-Chung District – Taiwan). Nesta etapa, caso fosse verificado a presença de falhas na interface adesiva o corpo de prova era excluído do teste de microcisalhamento.

Quadro 4.3 – Composição dos materiais utilizados

Material	Fabricante	Composição	Lote
Resina Filtek One Bulk Fill	3M ESPE	Cerâmica tratada com silano, Dimetacrilato de uretano aromático, Diuretano dimetacrilado (UDMA), Zircônia tratada com silano, Fluoreto de itérbio (YbF3), Sílica tratada com silano, 1,12-Dodecano dimetacrilato (DDDMA), Água, Agentes de cura, Estabilizantes e Corantes.	N974887 N993263 N980337 N920870
Condicionador ácido fosfórico 37%	FGM Dentscare Ltda	Ácido fosfórico a 37%, espessante, corante e água deionizada	080419
Ponta Diamantada FG 4138 F	KG Sorensen	Aço inoxidável e diamantes	131109
Pó de óxido de alumínio	Bio-Art Equipamentos Odontológicos Ltda.	Óxido de alumínio 50 microns	61746
Adper Single Bond 2	3M ESPE	Etanol, Bis-GMA, silano tratado com filler de sílica, 2-hidroxietilmetacrilato, glicerol 1,3 dimetacrilato, copolímero de ácido poliacrílico e ácido itocônico e diuretano dimetacrilato.	1834400316
Single Bond Universal	3M ESPE	Bisfenol A diglicidil éter dimetacrilato (BIS-GMA), metacrilato de 2-hidroxietila, sílica tratada com silício, álcool etílico, decametileno dimetacrilato, água, 1,10-decanodiol fosfato metacrilato, copolímero de acrílico e ácido iatacônico, canforoquinona, N,N-dimetilbenzocaína, metacrilato de 2-dimetilamonoetilo, metil etil cetona e silano.	1818600658
Rely X Agente Silano	3M ESPE	Álcool etílico, água e metacrilato 3-trimetoxissililpropilo	N909183

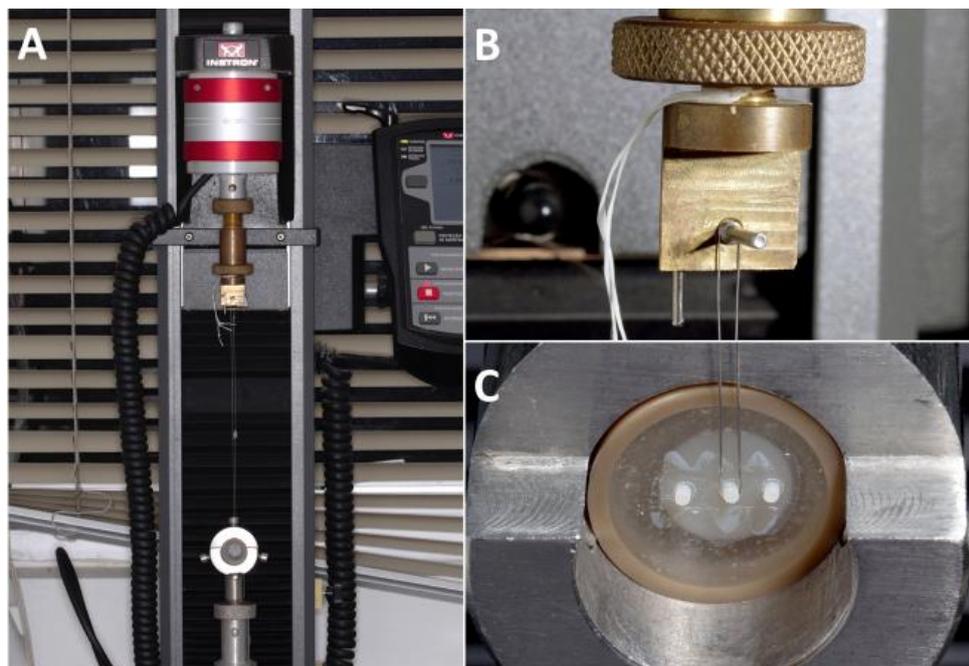
Fonte: O autor

4.6 TESTE DE RESISTÊNCIA DE UNIÃO – MICROCISALHAMENTO

Para execução do teste de microcisalhamento os corpos de prova foram posicionados na máquina de ensaio universal (Instron 5942, Canton, MA, EUA) (Figura 4.7 A). Uma circunferência feita com fio metálico de 0,25 mm de espessura foi posicionada de forma que uma de suas alças abraçasse o cilindro de resina do corpo de prova e ficasse em íntimo contato com a superfície da resina envelhecida (Figura 4.7 C), e a outra alça abraçasse o cilindro fixo na célula de carga (Figura 4.7 B). A velocidade do teste foi fixada em 1 mm/min. O movimento era automático e imediatamente interrompido no momento da fratura.

Os valores da resistência de união eram obtidos em Newtons (N) e posteriormente convertidos em Megapascal (Mpa) através da razão entre a força (N) no momento da fratura e a área da seção transversal do cilindro em mm^2 , através da fórmula $N/\pi r^2$, onde $r=0,5$ mm.

Figura 4.7 – Posicionamento do corpo de prova em máquina de ensaio universal Instron 5942 (A), fio de aço abraçando o cilindro fixo na célula de carga (B) e fio de aço abraçando o cilindro de resina do corpo de prova (C)



Fonte: O autor

4.7 ANÁLISE DO PADRÃO DE FRATURA

Após o teste de microcisalhamento, os corpos de prova foram removidos do dispositivo de ensaio e a superfície dos substratos envelhecidos foram analisadas com auxílio de um microscópio digital (Dino-Lite Digital Microscope; AnMo Electronics Corp., New Taipei City/San-Chung District – Taiwan), com um aumento de 50x, para determinação do padrão de fratura.

Foram realizadas fotos digitais de todos os corpos de prova e o tipo de fratura foi classificado como: Adesiva (A) - quando o rompimento foi detectado apenas na interface adesiva; Coesiva em substrato envelhecido (CSE) - quando o rompimento ocorria na estrutura da resina composta envelhecida; Coesiva em resina do reparo (CRR) - quando o rompimento ocorria na resina composta do reparo; e Mista (M), quando o corpo de prova apresentava presença de falha adesiva e coesiva em resina envelhecida ou resina do reparo.

4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística foi utilizada a média dos três cilindros confeccionados em cada corpo de prova. Os dados foram analisados utilizando o teste estatístico Análise de Variância (ANOVA) a dois fatores e posteriormente teste de Tukey, considerando-se os fatores tratamento de superfície (Sem tratamento, asperização e jateamento) e protocolo adesivo (Sem adesivo, Adper Single Bond 2, Single Bond Universal, Silano + Adper Single Bond 2 e Silano). O software Sigma Plot 13.0 (Systat Software Inc., Chicago, IL, EUA) foi utilizado para os cálculos, padronizando-se um nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS

5.1 TESTE DE RESISTÊNCIA DE UNIÃO – MICROCISALHAMENTO

As médias e desvios-padrão dos grupos estudados podem ser vistos na Tabela 5.1 e Gráfico 5.1.

Os resultados do teste ANOVA a dois fatores indicaram que os fatores tratamento de superfície ($p < 0,001$) e o protocolo adesivo ($p < 0,001$) influenciaram significativamente os valores de resistência de união. Houve interação significativa entre os fatores ($p < 0,001$).

Tabela 5.1 – Valores médios \pm Desvio padrão de resistência de união ao microcisolhamento (Mpa) dos grupos estudados

Tratamento de superfície	Protocolo adesivo				
	Sem adesivo	Single Bond	Single Bond Universal	Silano + Single Bond	Silano
Sem tratamento	ST/SA 8,95 \pm 1,83 ^{Aa}	ST/SB 25,39 \pm 4,24 ^{Abcd}	ST/SBU 32,21 \pm 2,73 ^{Ac}	ST/S+SB 28,24 \pm 3,87 ^{Abc}	ST/S 21,25 \pm 5,36 ^{Ad}
Asperização com ponta diamantada	A/SA 29,17 \pm 3,28 ^{Ba}	A/SB 39,75 \pm 2,53 ^{Bb}	A/SBU 41,26 \pm 3,75 ^{Bb}	A/S+SB 40,98 \pm 4,44 ^{Bb}	A/S 40,06 \pm 2,37 ^{Bb}
Jateamento com Al₂O₃	J/SA 35,4 \pm 7,31 ^{Ca}	J/SB 41,62 \pm 4,17 ^{Bb}	J/SBU 45,39 \pm 4,11 ^{Cb}	J/S+SB 41,08 \pm 3,05 ^{Bb}	J/S 44,05 \pm 2,23 ^{Bb}

Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa ($p < 0,05$) em cada coluna para a variável tratamento de superfície. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa ($p < 0,05$) na mesma linha para a variável protocolo adesivo

Os valores de resistência de união dos corpos de prova que foram submetidos ao tratamento de superfície com asperização com ponta diamantada ou jateamento com Al₂O₃ foram sempre superiores àqueles que não receberam nenhum tratamento de superfície prévio, independente da utilização, ou não, de um adesivo e/ou silano.

O grupo jateamento com Al₂O₃ sem uso de adesivo (J/SA) apresentou valor de resistência de união superior, com diferença estatisticamente significativa, ao ser comparado com os grupos A/SA e ST/SA.

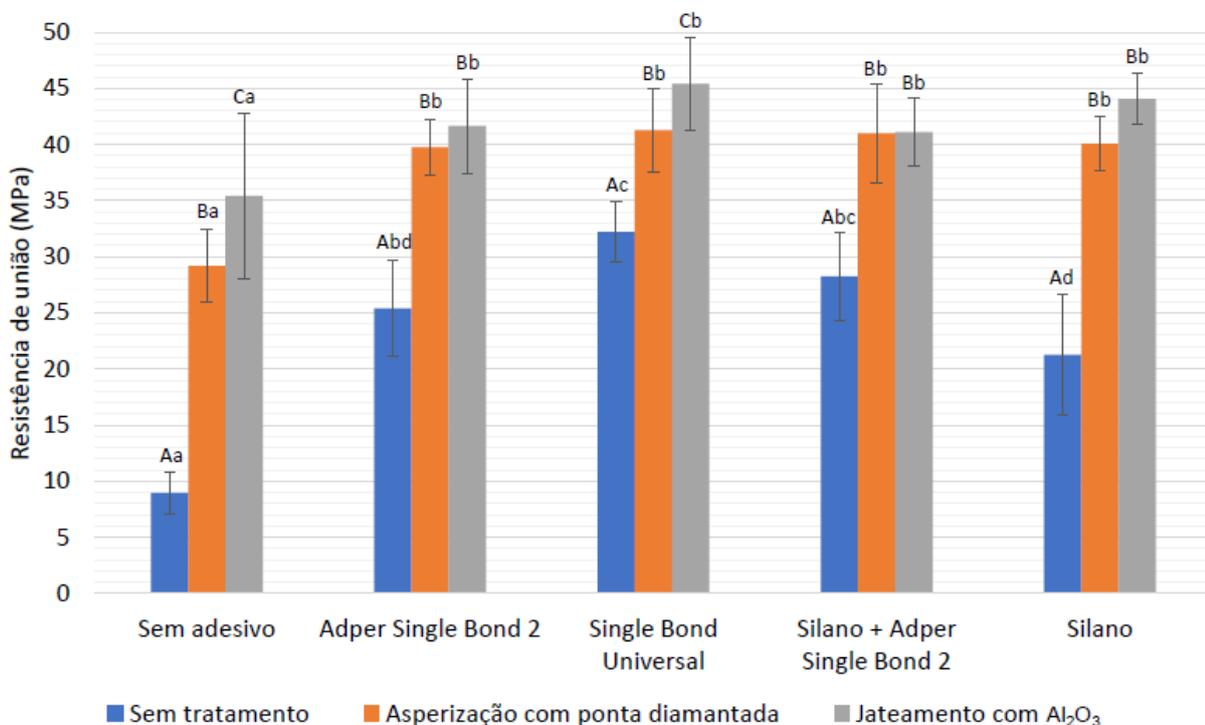
A média de resistência de união dos grupos que receberam asperização com ponta diamantada (A/SB, A/SBU, A/S+SB, A/S) não apresentaram diferença estatística significativa entre si e foram maiores que o grupo A/SA.

A média de resistência de união dos grupos que foram jateados com Al_2O_3 (J/SB, J/SBU, J/S+SB e J/S) não apresentaram diferença estatística significativa entre si e foram maiores que o grupo J/SA.

O grupo J/SBU apresentou o maior valor de resistência de união, apresentando diferença estatisticamente significativa quando comparado com os grupos A/SBU e ST/SBU.

Quando não foi realizado nenhum tratamento de superfície os grupos ST/SBU e ST/S+SB apresentaram os maiores valores de resistência de união e semelhantes entre si.

Gráfico 5.1 – Valores médios \pm Desvio padrão de resistência de união ao microcisalhamento (MPa) dos grupos estudados



Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) para o fator tratamento de superfície. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) para o fator protocolo adesivo

Fonte: O autor

5.2 ANÁLISE DO PADRÃO DE FRATURA

Os valores em porcentagem dos tipos de fratura podem ser vistos no Gráfico 5.2.

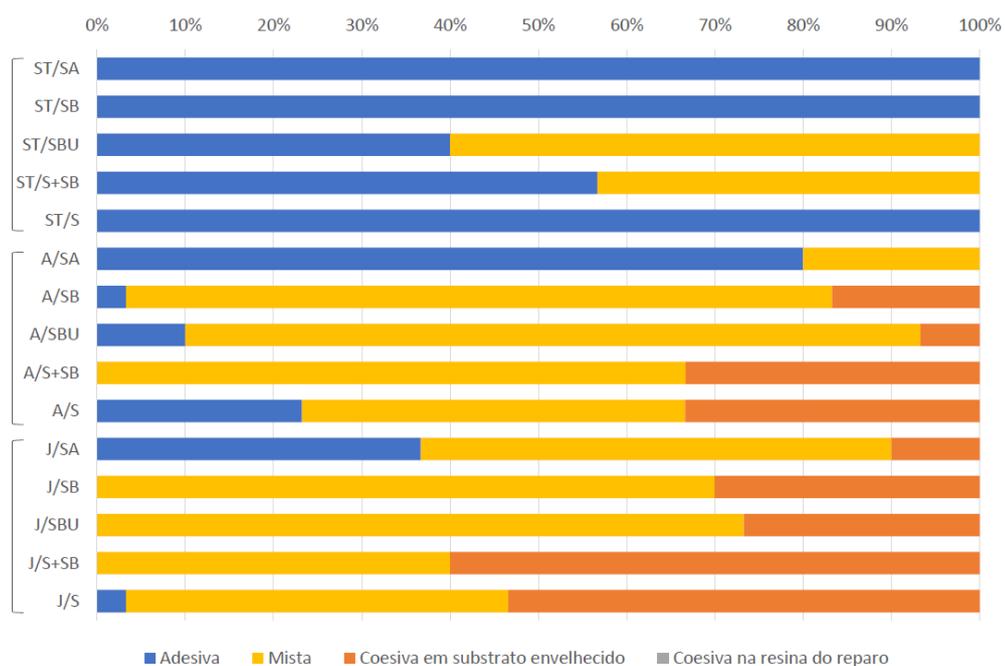
Quanto à determinação do padrão de fratura dos corpos de prova testados, foram observadas apenas fraturas do tipo adesiva, coesiva em substrato envelhecido e mista (Figura 5.1), não houve fratura coesiva na resina do reparo em nenhuma situação.

A maioria das falhas nos corpos de prova sem tratamento de superfície foram do tipo adesiva, exceto no grupo ST/SBU que apresentou mais falhas no substrato envelhecido.

A maior parte das falhas foram do tipo mistas ou coesivas no substrato envelhecido nos grupos tratados com ponta diamantada ou jato de Al_2O_3 e uso de adesivo e/ou silano.

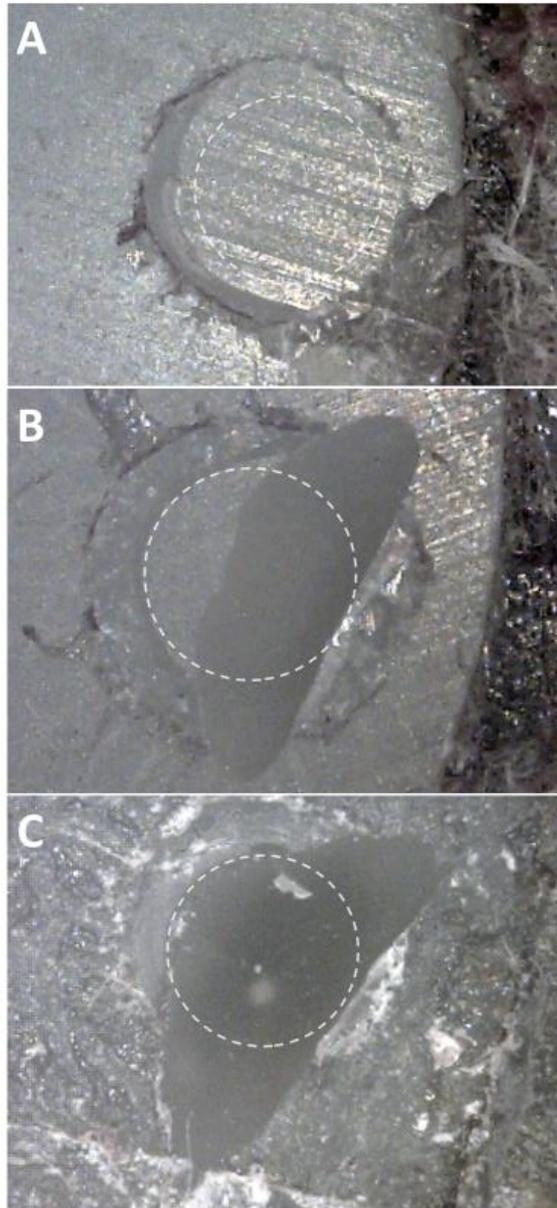
100% das falhas nos grupos ST/SA, ST/SB e ST/S ocorreram na interface adesiva.

Gráfico 5.2 – Distribuição em porcentagem (%) dos tipos de fratura para cada grupo estudado



Fonte: O autor

Figura 5.1 – Aspecto das superfícies dos corpos de prova testados, em função dos possíveis padrões de fratura – Adesiva (A), mista (B) e coesiva em substrato envelhecido (C)



O círculo tracejado delimita a região onde encontravam-se os cilindros de resina composta
Fonte: O autor

6 DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou o efeito de dois diferentes tratamentos de superfície e quatro protocolos adesivos na resistência de união de uma resina do tipo bulk fill envelhecida. De acordo com os resultados, as hipóteses nulas testadas de que o tratamento de superfície e o protocolo adesivo não influenciam na resistência de união de reparo de resina composta do tipo bulk fill, foram rejeitadas, pois foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos.

Quando uma restauração é reparada na cavidade bucal, é provável que ela esteja envelhecendo há um certo tempo em um ambiente úmido.⁸⁴ Clinicamente, o envelhecimento é resultado da exposição do material à alimentos, bebidas, mudanças de temperatura e cargas mecânicas cíclicas por um longo período. Esse processo de envelhecimento resulta na sorção de água pela matriz resinosa e degradação hidrolítica da interface resina-carga e no desgaste da superfície devido a perda de matriz da resina e das partículas de carga.^{85,86} Além disso, de acordo com Swift Jr et al., esse processo de envelhecimento resulta na lixiviação de monômeros que não reagiram,⁵⁴ de tal modo que a saturação da água na resina composta é alcançada e a atividade de radicais livres cessa,⁸⁴ reduzindo o potencial de ligação a uma nova resina do reparo. Portanto, esse processo de envelhecimento altera a composição do material e afeta a resistência de união de um reparo.⁵³ Assim, pode-se supor que diante da indicação de um reparo em uma restauração de resina composta envelhecida existe a necessidade dela ser submetida a um tratamento prévio a fim de favorecer uma nova união química ou mecânica a nova resina que irá receber.

Na literatura não há um consenso sobre os regimes de envelhecimento que simulem as condições bucais. Vários métodos de envelhecimento acelerado de resinas compostas têm sido propostos para avaliar as propriedades destes materiais, e prever o desempenho deles frente ao estresse que são submetidos. Armazenamento das amostras em meio aquoso em diferentes períodos, termociclagem, câmara de envelhecimento acelerado com radiação ultravioleta e imersão em ácido cítrico, são alguns métodos utilizados para simular o processo de envelhecimento de compósitos.^{4,12,17,26,27,60,87,88} No entanto, a termociclagem é a abordagem de envelhecimento mais comumente utilizada em estudos que avaliam a resistência de união de reparos de substratos envelhecidos.^{4,13,18,25,53,58,59,61,71,87,89}

Segundo alguns autores, uma ciclagem térmica com 5000 ciclos é capaz de afetar a superfície da resina, resultando em uma diminuição da resistência de união do reparo.^{4,89} Com isso, neste estudo optou-se por utilizar-se 5000 ciclos para o envelhecimento da resina composta bulk fill antes da execução dos reparos para a obtenção de uma superfície com atividade diminuída dos grupos funcionais dos monômeros, simulando a situação clínica.

Testes convencionais de cisalhamento e tração têm sido criticados pois as superfícies das interfaces adesivas testadas nessa metodologia são relativamente amplas, onde a distribuição de tensões é possivelmente desigual em relação a densidade de falhas intrínsecas, que podem agir como elevadores de tensão.⁹⁰ Nesse contexto, o teste de microtração pode ser considerado mais confiável, pois é capaz de reproduzir mais fielmente a força de união interfacial, à medida que apresenta uma distribuição de tensão mais uniforme na interface.^{91,92} No entanto, uma alta frequência de falhas prematuras e altos desvios-padrão podem estar associadas a esse método.⁹³ Por outro lado, o teste de resistência de união ao microcisalhamento não requer o seccionamento dos corpos de prova após o procedimento restaurador como nos testes de microtração, o que significa que a interface adesiva não é alterada por procedimentos de seccionamento.⁹⁴ Sabe-se que enquanto a carga é mais uniformemente distribuída na interface adesiva no teste de microtração, o método de resistência de união ao cisalhamento gera uma complexidade de forças na interface, e a falha adesiva ocorre principalmente como resultado das tensões de tração induzidas por momentos de flexão.⁹⁵⁻⁹⁸ A literatura relata que o método de microtração é mais aconselhável para avaliar a resistência de união de adesivos/resinas em esmalte e dentina, já em estudos que avaliam a adesão de cimentos resinosos à zircônia, outros tipos de cerâmica, resinas indiretas, assim como em estudos de reparos de resina composta, o teste de microcisalhamento ainda é o mais utilizado e indicado.^{7,9,16,17,24,25,67,99-102} Com isso, neste estudo optou-se por utilizar um teste de resistência ao cisalhamento com uma área de 0.78 mm² na interface adesiva, o que é considerado um teste de microcisalhamento, já que a área da interface adesiva empregada foi menor que 3 mm², tornando este método mais aceitável que um teste que emprega áreas mais amplas de adesão.^{95,96}

O efeito de dois diferentes tratamentos de superfície, asperização com ponta diamantada e jateamento com Al₂O₃, foram investigados. Neste estudo, o jateamento com partículas de Al₂O₃, por si só, resultou em uma melhora significativa na

resistência de união das amostras ($35,4 \pm 7,31$ Mpa), quando comparadas ao grupo que recebeu apenas asperização com ponta diamantada ($29,17 \pm 3,28$ Mpa) e ao grupo controle ($8,95 \pm 1,83$ Mpa), sem tratamento de superfície. Acredita-se que essa melhoria se deve ao fato de a abrasão a ar com partículas de Al_2O_3 criar uma superfície rugosa com áreas microretentivas. De acordo com Teixeira et al., valores de resistência de união na faixa de 15 a 25 Mpa, semelhantes aos valores da ligação resina-dentina, são clinicamente aceitáveis na maioria dos casos.¹⁰³ Outros estudos mostraram que valores superiores a 18 Mpa ou 20 a 25 Mpa são clinicamente aceitáveis para resistir aos esforços mastigatórios.¹⁰⁴⁻¹⁰⁶ Desse modo, o grupo que foi apenas asperizado com ponta diamantada e o grupo que recebeu apenas jateamento com Al_2O_3 , puderam alcançar uma resistência adesiva mínima exigida sem a necessidade de utilização de um silano ou sistema adesivo.

Adicionalmente, o protocolo adesivo realizado após o tratamento da superfície também teve um efeito significativo na resistência de união do reparo à resina envelhecida. Isso está de acordo com o resultado de estudos anteriores^{62,71,107} e pode ser atribuído à penetração do adesivo nas micro irregularidades criadas pelo tratamento mecânico da superfície. A utilização de um adesivo entre a resina envelhecida e a resina do reparo aumenta a molhabilidade da superfície à medida que o adesivo penetra mais facilmente e polimeriza na superfície previamente tratada criando uma retenção micromecânica.^{4,7} Alguns estudos comparam a realização de um reparo em resina composta com e sem a aplicação de adesivo em diferentes tipos de resina e concluíram que a sua utilização aumenta a resistência de união tanto em reparos imediatos quanto em reparos de compósitos envelhecidos.^{26,62,99} Em concordância com os achados do nosso estudo onde todos os grupos que utilizaram adesivo apresentaram valores de resistência de união do reparo da resina envelhecida significativamente maiores que os grupos onde nenhum tipo de adesivo foi utilizado (ST/SA, A/SA e J/SA).

A inclusão de grupos sem tratamento mecânico da superfície nesse estudo permitiu que apenas o efeito dos tratamentos químicos fosse avaliado. Nessas situações a utilização do SBU resultou em um valor médio de resistência de união alto ($32,21 \pm 2,73$ Mpa), que foi estatisticamente diferente e superior ao obtido quando o SB foi utilizado sozinho, sem o silano ($25,39 \pm 4,24$ Mpa). Resultados semelhantes foram encontrados por Arpa et al., quando utilizaram o SBU para reparar resina composta para CAD-CAM, sem o emprego de nenhum tratamento mecânico da

superfície.¹³ O SBU possui uma molécula de MDP, um monômero funcional capaz de se ligar diretamente aos óxidos de zircônia através de um grupo éster fosfato,^{80,108} ao mesmo tempo que se liga a matriz da resina através de um grupo metacrilato.^{81,82} De acordo com o fabricante, a resina composta Filtek One Bulk Fill possui partículas de zircônia em sua composição, além das partículas de sílica convencionais. Portanto, a composição química do adesivo pode, por si só, influenciar no reparo de resina do tipo bulk fill, uma vez que o valor médio de resistência de união obtido apenas com o SBU foi significativamente maior que o valor médio de resistência de união obtido com o SB, explicando o resultado encontrado.

Devido à sua natureza inerte e altamente cristalina, a zircônia possui uma capacidade limitada de unir-se à materiais resinosos.¹⁰⁹ Diferentes tratamentos de superfície têm sido investigados na tentativa de contornar essa limitação. O tratamento de superfície mais comumente utilizado para aumentar a retenção à substratos cerâmicos de zircônia são a abrasão a ar com partículas de Al_2O_3 e o revestimento de sílica.¹⁰⁹⁻¹¹¹ A abrasão à ar causada pelo jateamento com partículas de Al_2O_3 cria microretenções e uma superfície uniformemente rugosa, o que aumenta a área superficial que interage com o adesivo e o novo incremento de resina.^{11,62,112} O presente estudo mostrou que o jateamento com Al_2O_3 associado ao SBU resultou em maiores valores de resistência de união ($45,39 \pm 4,11$ Mpa) quando comparado ao grupo A/SBU (41,26 Mpa), provavelmente porque o jateamento resultou em uma maior proporção de partículas de carga cerâmica expostas na superfície da resina, aumentando a área de superfície e favorecendo a união química com o MDP presente no SBU. Além disso, a baixa viscosidade dos adesivos universais permite a sua penetração nas porosidades superficiais microscópicas e proporciona uma melhor retenção micromecânica.¹¹³ No entanto, em relação a segurança do paciente e do profissional, é fundamental que seja utilizado isolamento absoluto e um equipamento aspirador durante o jateamento intraoral, o que limita a sua utilização clínica.¹¹⁴

Uma alternativa utilizada para asperizar a superfície da restauração antiga a ser reparada, consiste na utilização de instrumentos rotatórios. Estudos mostraram uma melhora significativa na resistência de união após o tratamento de superfície com pontas diamantada.^{16,17,58,62} Embora alguns trabalhos afirmem que o jateamento com Al_2O_3 seja mais eficiente que a asperização com ponta diamantada na criação de microretenções que melhoram a resistência de união num reparo, em geral esses estudos utilizam pontas diamantadas de granulação grossa.^{11,14} Instrumentos de grão

fino geralmente possuem um desempenho melhor do que os de grão médio e extrafino em relação à resistência de união do reparo.⁵⁸ Os resultados do nosso estudo mostraram que não houve diferenças estatisticamente significantes entre os tratamentos de superfície com ponta diamantada e jateamento com Al_2O_3 quando associados ao uso do SB, S+SB e Silano. Segundo o fabricante, os diamantes empregados na fabricação da ponta diamantada de granulação fina utilizada nesse estudo possuem o tamanho de $47\mu\text{m}$, muito próximo do tamanho das partículas do pó de Al_2O_3 utilizado no jateamento ($50\mu\text{m}$). A semelhança entre os tamanhos das partículas pode ter contribuído para essa similaridade entre os valores encontrados para estes grupos.

O agente silano é utilizado antes da aplicação do sistema adesivo com o intuito de aumentar a molhabilidade da superfície. Além disso, o silano possui dois grupos funcionais, o silanol que se liga às partículas de sílica da resina composta e o grupo organofuncional que copolimeriza com grupos metacrilato presentes no adesivo, o que permite uma união química no processo de reparo.⁷⁰ Em nosso estudo, o silano foi utilizado sozinho, e quando associado ao tratamento prévio da superfície (grupos A/S e J/S) não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes dos grupos tratados com adesivos. Portanto, nestas situações o silano por si só pode substituir as funções de um adesivo como agente umectante que preenche as irregularidades de superfície no substrato.

Estudos prévios relataram resultados conflitantes em relação ao efeito do silano na resistência de união do reparo.^{8,11,15,24,59,64,67,71} No presente estudo, o tratamento adicional com silano, antes da aplicação do adesivo, não melhorou as forças de ligação quando comparadas àquelas criadas pelo protocolo onde apenas o adesivo SB foi utilizado. No entanto, nos grupos onde não foi realizado nenhum tratamento de superfície, a utilização do SBU resultou em maiores valores de resistência de união quando comparado ao grupo ST/SB. O SBU contém um silano pré-hidrolisado, que de acordo com o fabricante se mantém estável por pelo menos um ano de armazenamento.¹¹⁵ Além disso, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos tratados com SBU e os grupos tratados com S+SB, tornando evidente a influência do silano na melhoria da resistência de união do reparo apenas quando a superfície não é previamente tratada. A incorporação de silano no adesivo universal tem o objetivo simplificar os protocolos de união, desse modo os resultados desse estudo sugerem que a utilização do SBU pode simplificar o protocolo

adesivo durante o reparo e dispensar a utilização do silano como uma etapa a mais no procedimento reparador. A aplicação de um adesivo universal contendo silano foi investigada como um agente de união para reparar resina composta envelhecida por 3 meses e 6 anos em um estudo, e mostrou-se tão eficaz quanto o uso do silano convencional, utilizado como passo prévio à aplicação de um adesivo,⁶⁷ corroborando com os resultados do nosso estudo.

Em condições clínicas, a contaminação da superfície a ser reparada, seja pela saliva ou umidade da cavidade oral, pode ser inevitável e influenciar as reações do agente silano com o substrato. Por esse motivo, a execução de um reparo empregando várias etapas durante o procedimento pode aumentar as chances de contaminação e tornar a técnica mais sensível. Por outro lado, o SBU, como possui o silano em sua composição e dispensa a utilização do agente silano como um passo separado, pode ser considerado menos sensível à técnica e favorecer resultados mais satisfatórios clinicamente.

Os resultados do presente estudo mostram que grupos com valores de resistência de união semelhantes nem sempre apresentam os mesmos padrões de fratura. Espera-se uma maior quantidade de fraturas adesivas para baixos valores de resistência de união, enquanto as fraturas mistas e coesivas no material reparado pode significar que a adesão foi maior que a resistência coesiva do material. Segundo Lucena-Martín et al., é possível esperar uma adesão mais duradoura sob os esforços mastigatórios quando um compósito tende a fraturar de forma coesa.¹⁰⁷ Portanto, sugere-se que a análise do padrão de fratura seja levada em consideração para avaliar a adesão entre o substrato envelhecido e a nova resina do reparo. Uma maior porcentagem de falhas coesivas em substrato envelhecido pôde ser vista nos grupos onde o silano foi utilizado associado ao tratamento da superfície (A/S+SB, A/S, J/S+SB, J/S), enquanto nos grupos onde apenas os adesivos foram utilizados em associação ao tratamento mecânico (A/SB, A/SBU, J/SB, J/SBU), falhas mistas foram mais frequentes. O silano pode favorecer uma melhor união química com o substrato envelhecido e conseqüentemente resultar numa melhor adesão. Já nos grupos sem tratamento de superfície, uma adesão mais fraca entre os materiais foi observada, resultando em uma frequência maior de falhas adesivas.

O reparo de resina composta é uma técnica minimamente invasiva que visa a preservação da estrutura dentária⁵ e aumenta a longevidade das restaurações.⁶ No entanto, um protocolo de adesão universal, que possa ser aplicado aos diversos tipos

de materiais resinosos utilizados na prática clínica, ainda não está sedimentado na literatura, e assim busca-se uma técnica satisfatória e que possa ser empregada na clínica com segurança.

Os tratamentos de superfície e as ligações químicas entre o compósito envelhecido e a nova resina devem ser potencializados para garantir um reparo eficaz. Além disso, do ponto de vista clínico, como os reparos são expostos ao meio bucal após a sua realização, estudos futuros são necessários para avaliar os efeitos do envelhecimento nas propriedades físicas e químicas da interface adesiva e sua consequência na adesão, quando o reparo é realizado em resinas do tipo bulk fill.

7 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo permitem concluir que:

- Os tratamentos de superfície com ponta diamantada ou jateamento com Al_2O_3 são capazes de melhorar os valores de resistência de união em um reparo de resina composta do tipo bulk fill.
- Quando realizado um tratamento de superfície, a utilização de qualquer sistema adesivo, combinado ou não ao uso do silano, promove uma boa resistência de união.
- A utilização de um adesivo universal contendo silano é tão efetivo quanto a combinação de silano e adesivo, e resulta em melhores valores de resistência de união quando aplicado em superfícies tratadas com jateamento de Al_2O_3 .
- A utilização do silano previamente a aplicação de um sistema adesivo não apresenta um desempenho significativamente melhor do que o reparo sem um agente de silanização.
- O uso do silano isoladamente, associado ao tratamento de superfície, pode dispensar a utilização de um adesivo.

REFERÊNCIAS¹

1. Murdoch-Kinch CA, McLEAN ME. Minimally invasive dentistry. *J Am Dent Assoc.* 2003;134(1):87-95.
2. Sarkar NK. Internal corrosion in dental composite wear: its significance and simulation. *J Biomed Mater Res.* 2000;53(4):371-80.
3. Deligeorgi V, Mjor I, Wilson N. An overview of reasons for the placement and replacement of restorations. *Prim Dent Care.* 2001;8(1):5-11.
4. Rinastiti M, Özcan M, Siswomihardjo W, Busscher HJ. Effects of surface conditioning on repair bond strengths of non-aged and aged microhybrid, nanohybrid, and nanofilled composite resins. *Clin Oral Investig.* 2011;15(5):625-33.
5. Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken JE, Mount GJ. Minimal intervention dentistry—a review* FDI Commission Project 1–97. *Int Dental J.* 2000;50(1):1-12.
6. Fernández E, Martín J, Vildósola P, Junior OO, Gordan V, Mjor I, et al. Can repair increase the longevity of composite resins? Results of a 10-year clinical trial. *J Dent.* 2015;43(2):279-86.
7. Rinastiti M, Özcan M, Siswomihardjo W, Busscher HJ. Immediate repair bond strengths of microhybrid, nanohybrid and nanofilled composites after different surface treatments. *J Dent.* 2010;38(1):29-38.
8. Eliasson S, Tibballs J, Dahl J. Effect of different surface treatments and adhesives on repair bond strength of resin composites after one and 12 months of storage using an improved microtensile test method. *Oper Dent.* 2014;39(5):E206-E16.
9. Ayres A, Hirata R, Fronza B, Lopes B, Ambrosano G, Giannini M. Effect of Argon Plasma Surface Treatment on Bond Strength of Resin Composite Repair. *Operative dentistry.* 2019;44(2):E75-E82.

¹ De acordo com Estilo Vancouver.

10. Ozcan M, Matinlinna JP, Vallittu PK, Huysmans MC. Effect of drying time of 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane on the shear bond strength of a composite resin to silica-coated base/noble alloys. *Dent Mater.* 2004;20(6):586-90.
11. da Costa TRF, Serrano AM, Atman APF, Loguercio AD, Reis A. Durability of composite repair using different surface treatments. *J Dent.* 2012;40(6):513-21.
12. Ayar MK, Guven ME, Burduroglu HD, Erdemir F. Repair of aged bulk - fill composite with posterior composite: Effect of different surface treatments. *J Esthet Restor Dent.* 2019;31(3):246-52.
13. Arpa C, Ceballos L, Fuentes MV, Perdigão J. Repair bond strength and nanoleakage of artificially aged CAD-CAM composite resin. *J Prosthet Dent.* 2019;121(3):523-30.
14. Palasuk J, Platt J, Cho S, Levon J, Brown D, Hovijitra S. Effect of surface treatments on microtensile bond strength of repaired aged silorane resin composite. *Oper Dent.* 2013;38(1):91-9.
15. Loomans B, Mesko M, Moraes R, Ruben J, Bronkhorst E, Pereira-Cenci T, et al. Effect of different surface treatment techniques on the repair strength of indirect composites. *J Dent.* 2017;59:18-25.
16. 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.
17. Yesilyurt C, Kusgoz A, Bayram M, Ulker M. Initial repair bond strength of a nano - filled hybrid resin: Effect of surface treatments and bonding agents. *J Esthet Restor Dent.* 2009;21(4):251-60.
18. Loomans BA, Cardoso MV, Roeters FJ, Opdam NJ, De Munck J, Huysmans MC, et al. Is there one optimal repair technique for all composites? *Dent Mater.* 2011;27(7):701-9.
19. Antonucci JM, Dickens SH, Fowler BO, Xu HH, McDonough WG. Chemistry of Silanes: Interfaces in Dental Polymers and Composites. *J Res Natl Inst Stand Technol.* 2005;110(5):541-58.

20. Matinlinna JP, Lung CYK, Tsoi JKH. Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dent Mater.* 2018;34(1):13-28.
21. Ozcan M, Alander P, Vallittu PK, Huysmans MC, Kalk W. Effect of three surface conditioning methods to improve bond strength of particulate filler resin composites. *J Mater Sci Mater Med.* 2005;16(1):21-7.
22. Chuang SF, Kang LL, Liu YC, Lin JC, Wang CC, Chen HM, et al. Effects of silane- and MDP-based primers application orders on zirconia-resin adhesion-A ToF-SIMS study. *Dent Mater.* 2017;33(8):923-33.
23. Nagarkar S, Theis-Mahon N, Perdigao J. Universal dental adhesives: Current status, laboratory testing, and clinical performance. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2019;107(6):2121-31.
24. Fornazari IA, Wille I, Meda EM, Brum RT, Souza EM. Effect of Surface Treatment, Silane, and Universal Adhesive on Microshear Bond Strength of Nanofilled Composite Repairs. *Oper Dent.* 2017;42(4):367-74.
25. Kiomarsi N, Espahbodi M, Chiniforush N, Karazifard MJ, Kamangar SSH. In vitro evaluation of repair bond strength of composite: Effect of surface treatments with bur and laser and application of universal adhesive. *Laser Ther.* 2017;26(3):173-80.
26. Altinci P, Mutluay M, Tezvergil-Mutluay A. Repair bond strength of nanohybrid composite resins with a universal adhesive. *Acta Biomater Odontol Scand.* 2018;4(1):10-9.
27. Ritter AV, Sulaiman TA, Altinchi A, Bair E, Baratto-Filho F, Gonzaga CC, et al. Composite-composite Adhesion as a Function of Adhesive-composite Material and Surface Treatment. *Oper Dent.* 2019;44(4):348-54.
28. Park J, Chang J, Ferracane J, Lee IB. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: incremental or bulk filling? *Dent Mater.* 2008;24(11):1501-5.
29. Chesterman J, Jowett A, Gallacher A, Nixon P. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review. *Br Dent J.* 2017;222(5):337-44.

30. Rullmann I, Schattenberg A, Marx M, Willershausen B, Ernst CP. Photoelastic determination of polymerization shrinkage stress in low-shrinkage resin composites. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2012;122(4):294-9.
31. Sabbagh J, McConnell RJ, McConnell MC. Posterior composites: Update on cavities and filling techniques. *J Dent.* 2017;57:86-90.
32. Demarco FF, Correa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. *Dent Mater.* 2012;28(1):87-101.
33. Lee IB, Min SH, Kim SY, Ferracane J. Slumping tendency and rheological properties of flowable composites. *Dent Mater.* 2010;26(5):443-8.
34. Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Investig.* 2013;17(1):227-35.
35. Ilie N, Hickel R. Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR technology. *Dent Mater.* 2011;27(4):348-55.
36. Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *Oper Dent.* 2013;38(6):618-25.
37. Son SA, Park JK, Seo DG, Ko CC, Kwon YH. How light attenuation and filler content affect the microhardness and polymerization shrinkage and translucency of bulk-fill composites? *Clin Oral Investig.* 2017;21(2):559-65.
38. Yu P, Yap A, Wang XY. Degree of Conversion and Polymerization Shrinkage of Bulk-Fill Resin-Based Composites. *Oper Dent.* 2017;42(1):82-9.
39. El Gezawi M, Kaisarly D, Al-Saleh H, ArRejaie A, Al-Harbi F, Kunzelmann KH. Degradation Potential of Bulk Versus Incrementally Applied and Indirect Composites: Color, Microhardness, and Surface Deterioration. *Oper Dent.* 2016;41(6):e195-e208.
40. de Brito O, de Oliveira I, Monteiro G. Hydrolytic and Biological Degradation of Bulk-fill and Self-adhering Resin Composites. *Oper Dent.* 2019.

41. Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. *Dent Mater.* 2013;29(9):e213-7.
42. Biazuz J, Zardo P, Rodrigues-Junior SA. Water sorption, solubility and surface roughness of resin surface sealants. *Brazilian Journal of Oral Sciences.* 2015;14(1):27-30.
43. Alzraikat H, Burrow MF, Maghaireh GA, Taha NA. Nanofilled Resin Composite Properties and Clinical Performance: A Review. *Oper Dent.* 2018;43(4):E173-e90.
44. Demarco FF, Collares K, Correa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Should my composite restorations last forever? Why are they failing? *Braz Oral Res.* 2017;31(suppl 1):e56.
45. Wilson N, Lynch CD, Brunton PA, Hickel R, Meyer-Lueckel H, Gurgan S, et al. Criteria for the Replacement of Restorations: Academy of Operative Dentistry European Section. *Oper Dent.* 2016;41(S7):S48-s57.
46. Hickel R, Peschke A, Tyas M, Mjor I, Bayne S, Peters M, et al. FDI World Dental Federation: clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations-update and clinical examples. *Clin Oral Investig.* 2010;14(4):349-66.
47. Gordan VV, Mondragon E, Shen C. Replacement of resin-based composite: evaluation of cavity design, cavity depth, and shade matching. *Quintessence Int.* 2002;33(4):273-8.
48. Blum IR, Jagger DC, Wilson NH. Defective dental restorations: to repair or not to repair? Part 1: direct composite restorations. *Dent Update.* 2011;38(2):78-80, 2-4.
49. Blum IR, Lynch CD, Wilson NH. Factors influencing repair of dental restorations with resin composite. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2014;6:81-7.
50. Hickel R, Brushaver K, Ilie N. Repair of restorations--criteria for decision making and clinical recommendations. *Dent Mater.* 2013;29(1):28-50.
51. Blum IR, Özcan M. Reparative Dentistry: Possibilities and Limitations. *Curr Oral Health Rep.* 2018;5(4):264-9.

52. Boyer DB, Chan KC, Torney DL. The strength of multilayer and repaired composite resin. *J Prosthet Dent.* 1978;39(1):63-7.
53. Ozcan M, Barbosa SH, Melo RM, Galhano GA, Bottino MA. Effect of surface conditioning methods on the microtensile bond strength of resin composite to composite after aging conditions. *Dent Mater.* 2007;23(10):1276-82.
54. Swift EJ, Jr., LeValley BD, Boyer DB. Evaluation of new methods for composite repair. *Dent Mater.* 1992;8(6):362-5.
55. Kanzow P, Wiegand A, Schwendicke F, Gostemeyer G. Same, same, but different? A systematic review of protocols for restoration repair. *J Dent.* 2019;86:1-16.
56. Kouros P, Koliniotou-Koumpia E, Spyrou M, Koulaouzidou E. Influence of material and surface treatment on composite repair shear bond strength. *J Conserv Dent.* 2018;21(3):251-6.
57. Brosh T, Pilo R, Bichacho N, Blutstein R. Effect of combinations of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. *J Prosthet Dent.* 1997;77(2):122-6.
58. Valente LL, Silva MF, Fonseca AS, Munchow EA, Isolan CP, Moraes RR. Effect of Diamond Bur Grit Size on Composite Repair. *J Adhes Dent.* 2015;17(3):257-63.
59. Cho SD, Rajitrangson P, Matis BA, Platt JA. Effect of Er,Cr:YSGG laser, air abrasion, and silane application on repaired shear bond strength of composites. *Oper Dent.* 2013;38(3):E1-9.
60. Flury S, Dulla FA, Peutzfeldt A. Repair bond strength of resin composite to restorative materials after short- and long-term storage. *Dent Mater.* 2019;35(9):1205-13.
61. Wiegand A, Stucki L, Hoffmann R, Attin T, Stawarczyk B. Repairability of CAD/CAM high-density PMMA- and composite-based polymers. *Clin Oral Investig.* 2015;19(8):2007-13.
62. Rathke A, Tymina Y, Haller B. Effect of different surface treatments on the composite-composite repair bond strength. *Clin Oral Investig.* 2009;13(3):317-23.

63. Martos R, Hegedus V, Szaloki M, Blum IR, Lynch CD, Hegedus C. A randomised controlled study on the effects of different surface treatments and adhesive self-etch functional monomers on the immediate repair bond strength and integrity of the repaired resin composite interface. *J Dent.* 2019;85:57-63.
64. Rodrigues SA, Jr., Ferracane JL, Della Bona A. Influence of surface treatments on the bond strength of repaired resin composite restorative materials. *Dent Mater.* 2009;25(4):442-51.
65. Ozcan M, Corazza PH, Marocho SM, Barbosa SH, Bottino MA. Repair bond strength of microhybrid, nanohybrid and nanofilled resin composites: effect of substrate resin type, surface conditioning and ageing. *Clin Oral Investig.* 2013;17(7):1751-8.
66. Lung CY, Matinlinna JP. Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: an overview. *Dent Mater.* 2012;28(5):467-77.
67. Staxrud F, Dahl JE. Silanising agents promote resin-composite repair. *Int Dent J.* 2015;65(6):311-5.
68. Nihei T. Dental applications for silane coupling agents. *J Oral Sci.* 2016;58(2):151-5.
69. Loomans B, Ozcan M. Intraoral Repair of Direct and Indirect Restorations: Procedures and Guidelines. *Oper Dent.* 2016;41(S7):S68-s78.
70. Lung CYK, Matinlinna JP. Resin Bonding to Silicized Zirconia with Two Isocyanatosilanes and a Cross-linking Silane. Part II: Mechanistic Approach. *Silicon.* 2010;2(3):163-9.
71. Tezvergil A, Lassila LV, Vallittu PK. Composite-composite repair bond strength: effect of different adhesion primers. *J Dent.* 2003;31(8):521-5.
72. Cura M, Gonzalez-Gonzalez I, Fuentes V, Ceballos L. Effect of surface treatment and aging on bond strength of composite resin onlays. *J Prosthet Dent.* 2016;116(3):389-96.
73. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater.* 2011;27(1):17-28.

74. Rosa WL, Piva E, Silva AF. Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2015;43(7):765-76.
75. Seabra B, Arantes-Oliveira S, Portugal J. Influence of multimode universal adhesives and zirconia primer application techniques on zirconia repair. *J Prosthet Dent*. 2014;112(2):182-7.
76. Kim JH, Chae SY, Lee Y, Han GJ, Cho BH. Effects of multipurpose, universal adhesives on resin bonding to zirconia ceramic. *Oper Dent*. 2015;40(1):55-62.
77. Perdigao J, Swift EJ, Jr. Universal Adhesives. *J Esthet Restor Dent*. 2015;27(6):331-4.
78. Dimitriadi M, Panagiotopoulou A, Pelecanou M, Yannakopoulou K, Eliades G. Stability and reactivity of gamma-MuPTMS silane in some commercial primer and adhesive formulations. *Dent Mater*. 2018;34(8):1089-101.
79. Yao C, Yu J, Wang Y, Tang C, Huang C. Acidic pH weakens the bonding effectiveness of silane contained in universal adhesives. *Dent Mater*. 2018;34(5):809-18.
80. Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T, et al. Self-assembled Nano-layering at the Adhesive interface. *J Dent Res*. 2012;91(4):376-81.
81. Al Jeaidi ZA, Alqahtani MA, Awad MM, Rodrigues FP, Alrahlah AA. Bond strength of universal adhesives to air-abraded zirconia ceramics. *J Oral Sci*. 2017;59(4):565-70.
82. Piascik JR, Swift EJ, Braswell K, Stoner BR. Surface fluorination of zirconia: adhesive bond strength comparison to commercial primers. *Dent Mater*. 2012;28(6):604-8.
83. Cakir NN, Demirbuga S, Balkaya H, Karadas M. Bonding performance of universal adhesives on composite repairs, with or without silane application. *J Conserv Dent*. 2018;21(3):263-8.
84. Dall'Oca S, Papacchini F, Goracci C, Cury AH, Suh BI, Tay FR, et al. Effect of oxygen inhibition on composite repair strength over time. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2007;81(2):493-8.

85. Tarumi H, Torii M, Tsuchitani Y. Relationship between particle size of barium glass filler and water sorption of light-cured composite resin. *Dent Mater J*. 1995;14(1):37-44.
86. Finer Y, Santerre JP. Salivary esterase activity and its association with the biodegradation of dental composites. *J Dent Res*. 2004;83(1):22-6.
87. Baur V, Ilie N. Repair of dental resin-based composites. *Clin Oral Investig*. 2013;17(2):601-8.
88. Nagano D, Nakajima M, Takahashi M, Ikeda M, Hosaka K, Sato K, et al. Effect of Water Aging of Adherend Composite on Repair Bond Strength of Nanofilled Composites. *J Adhes Dent*. 2018;20(5):425-33.
89. Ozel Bektas O, Eren D, Herguner Siso S, Akin GE. Effect of thermocycling on the bond strength of composite resin to bur and laser treated composite resin. *Lasers Med Sci*. 2012;27(4):723-8.
90. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength--evaluation of a micro-tensile bond test. *Dent Mater*. 1994;10(4):236-40.
91. Perdigao J, Gomes G, Gondo R, Fundingsland JW. In vitro bonding performance of all-in-one adhesives. Part I--microtensile bond strengths. *J Adhes Dent*. 2006;8(6):367-73.
92. Ferrari M, Goracci C, Sadek F, Eduardo P, Cardoso C. Microtensile bond strength tests: scanning electron microscopy evaluation of sample integrity before testing. *Eur J Oral Sci*. 2002;110(5):385-91.
93. Goracci C, Sadek FT, Monticelli F, Cardoso PE, Ferrari M. Influence of substrate, shape, and thickness on microtensile specimens' structural integrity and their measured bond strengths. *Dent Mater*. 2004;20(7):643-54.
94. Placido E, Meira JB, Lima RG, Muench A, de Souza RM, Ballester RY. Shear versus micro-shear bond strength test: a finite element stress analysis. *Dent Mater*. 2007;23(9):1086-92.
95. Braga RR, Meira JB, Boaro LC, Xavier TA. Adhesion to tooth structure: a critical review of "macro" test methods. *Dent Mater*. 2010;26(2):e38-49.

96. Sirisha K, Rambabu T, Ravishankar Y, Ravikumar P. Validity of bond strength tests: A critical review-Part II. *J Conserv Dent*. 2014;17(5):420-6.
97. Heintze SD, Rousson V, Mahn E. Bond strength tests of dental adhesive systems and their correlation with clinical results - A meta-analysis. *Dent Mater*. 2015;31(4):423-34.
98. Rasmussen S. Analysis of dental shear bond strength tests, shear or tensile? *Int J Adhes Adhes*. 1996;16(3):147-54.
99. Staxrud F, Dahl JE. Role of bonding agents in the repair of composite resin restorations. *Eur J Oral Sci*. 2011;119(4):316-22.
100. Grasel R, Santos MJ, Rego HC, Rippe MP, Valandro LF. Effect of Resin Luting Systems and Alumina Particle Air Abrasion on Bond Strength to Zirconia. *Oper Dent*. 2018;43(3):282-90.
101. Yao C, Yang H, Yu J, Zhang L, Zhu Y, Huang C. High Bond Durability of Universal Adhesives on Glass Ceramics Facilitated by Silane Pretreatment. *Oper Dent*. 2018;43(6):602-12.
102. Demirtag Z, Culhaoglu AK. Surface Roughness of Ceramic-Resin Composites After Femtosecond Laser Irradiation, Sandblasting or Acid Etching and Their Bond Strength With and Without Silanization to a Resin Cement. *Oper Dent*. 2019;44(2):156-67.
103. Teixeira EC, Bayne SC, Thompson JY, Ritter AV, Swift EJ. Shear bond strength of self-etching bonding systems in combination with various composites used for repairing aged composites. *J Adhes Dent*. 2005;7(2):159-64.
104. Puckett AD, Holder R, O'Hara JW. Strength of posterior composite repairs using different composite/bonding agent combinations. *Oper Dent*. 1991;16(4):136-40.
105. Turner CW, Meiers JC. Repair of an aged, contaminated indirect composite resin with a direct, visible-light-cured composite resin. *Oper Dent*. 1993;18(5):187-94.
106. Kupiec KA, Barkmeier WW. Laboratory evaluation of surface treatments for composite repair. *Oper Dent*. 1996;21(2):59-62.

107. Lucena-Martin C, Gonzalez-Lopez S, Navajas-Rodriguez de Mondelo JM. The effect of various surface treatments and bonding agents on the repaired strength of heat-treated composites. *J Prosthet Dent.* 2001;86(5):481-8.
108. Yoshihara K, Nagaoka N, Sonoda A, Maruo Y, Makita Y, Okihara T, et al. Effectiveness and stability of silane coupling agent incorporated in 'universal' adhesives. *Dent Mater.* 2016;32(10):1218-25.
109. Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR, Smith R. Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: where are we now? *Dent Mater.* 2011;27(1):71-82.
110. Inokoshi M, Poitevin A, De Munck J, Minakuchi S, Van Meerbeek B. Bonding effectiveness to different chemically pre-treated dental zirconia. *Clin Oral Investig.* 2014;18(7):1803-12.
111. Attia A, Kern M. Long-term resin bonding to zirconia ceramic with a new universal primer. *J Prosthet Dent.* 2011;106(5):319-27.
112. Cavalcanti AN, De Lima AF, Peris AR, Mitsui FH, Marchi GM. Effect of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. *J Esthet Restor Dent.* 2007;19(2):90-8; discussion 9.
113. Kim RJ, Woo JS, Lee IB, Yi YA, Hwang JY, Seo DG. Performance of universal adhesives on bonding to leucite-reinforced ceramic. *Biomater Res.* 2015;19:11.
114. Reston EG, Closs LQ, Sato CT. Customized and low-cost aspirator device for intra-oral sandblasting. *Oper Dent.* 2004;29(3):354-6.
115. 3M ESPE. Scotchbond Universal Adhesive technical product profile. 2013. [Acessado 27 Set 2019] Disponível em: <http://multimedia.3m.com/mws/media/7547510/scotchbond-universal-adhesive-technical-product-profile>