

## EFETIVIDADE DE UNIÃO DOS SISTEMAS ADESIVOS UNIVERSAIS CONTENDO OU NÃO SILANO NA COMPOSIÇÃO: REVISÃO DE LITERATURA

*UNION EFFECTIVENESS OF UNIVERSAL ADHESIVE SYSTEMS CONTAINING OR NOT CONTAINING SILANE IN COMPOSITION: LITERATURE REVIEW*

João Victor Siqueira DIAS<sup>1</sup>

Yasmine Mendes PUPO<sup>2</sup>

Nerildo Luiz ULBRICH<sup>3</sup>

Marcos André Kalabaide VAZ<sup>4</sup>

Ana Paula Gebert de Oliveira FRANCO<sup>5</sup>

### RESUMO

**Objetivo:** O objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão da literatura, considerando a resistência adesiva de dispositivos protéticos de dissilicato de lítio cimentadas com a combinação de sistemas adesivos universais e cimentos resinosos, e a necessidade de aplicação adicional do agente de silanização. **Metodologia:** Foram selecionados 11 artigos publicados em inglês, no período entre 2015 e 2023, utilizando as palavras-chave "*universal adhesive systems*", "*silane*", "*bond strength*" e "*lithium disilicate*". **Resultados:** A aplicação de silano prévia à utilização dos sistemas adesivos universais é recomendada pela literatura pesquisada. **Considerações finais:** Os sistemas adesivos universais que contêm silano em sua composição não apresentam a mesma eficácia em comparação com a aplicação prévia do agente de silanização.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adesivos dentários, Silanos, Cerâmicas.

### ABSTRACT

**Objective:** The aim of the presente study was to carry out a literature review, considering the adhesive strength of lithium disilicate prosthetic devices cemented with a combination of universal adhesive systems and resin cements, and the need for additional application of the silanization agent. **Methodology:** 11 articles published in English were selected between 2015 and 2023, using the keywords "*universal adhesive systems*", "*silane*", "*bond strength*" and "*lithium disilicate*". **Results:** The application of silane prior to the use of universal adhesive systems is recommended by the researched literature. **Final Considerations:** Universal adhesive systems that contain silane in their composition do not present the same effectiveness compared to the previous application of the silanization agent.

**KEYWORDS:** Dental adhesives, Silanes, Ceramics.

## 1. INTRODUÇÃO

<sup>1</sup> Cirurgião Dentista. Especialista em Prótese Dentária pela UFPR, Curitiba/ PR.

<sup>2</sup> Cirurgiã Dentista. Doutora em Odontologia. Professora do Curso de Odontologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba/ PR.

<sup>3</sup> Cirurgião Dentista. Doutor em Processos Biotecnológicos. Professor do Curso de Odontologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba/ PR.

<sup>4</sup> Cirurgião Dentista. Doutor em Clínica Odontológica. Professor do Curso de Odontologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba/ PR.

<sup>5</sup> Cirurgiã Dentista. Doutora em Odontologia. Professora do Curso de Odontologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba/ PR.

O dissilicato de lítio é uma cerâmica dental de matriz vítrea que apresenta 70% de fase cristalina. Seus cristais apresentam um formato cúbico. Esse material vitro-cerâmico único permite a refração da luz naturalmente e promove um reforço estrutural superior apresentando melhores valores de resistência flexural que quando comparada às cerâmicas feldspáticas e reforçadas por leucita<sup>1</sup>. As cerâmicas de dissilicato de lítio impedem a formação de trincas conferindo melhores propriedades mecânicas e maior resistência aos impactos mastigatórios. Além disso, elas mimetizam a estética das estruturas dentais naturais. Portanto, podem ser indicadas para a confecção de restaurações anatômicas como *inlays*, *onlays*, laminados, facetas, coroas monolíticas para dentes anteriores e posteriores, próteses adesivas, próteses sobre implantes e infraestruturas. As cerâmicas à base de dissilicato de lítio podem ser processadas através do método de injeção ou pela fresagem de blocos pré-fabricados por meio da tecnologia CAD-CAM (*Computer-aided design and computer-aided manufacturing*)<sup>2</sup>.

As peças protéticas cerâmicas de dissilicato de lítio devem ser fixadas às estruturas dentais por meio de procedimentos adesivos que envolvem o condicionamento da peça com ácido fluorídrico, a utilização de sistemas adesivos associados a agentes de silanização e cimentos resinosos. O processo de adesão é obtido com cimentos resinosos por meio do imbricamento micro mecânico promovido por ácidos utilizados tanto no substrato dental como no interior das peças protéticas e da ligação química entre a peça e o cimento resinoso promovida pelo agente de silanização<sup>3</sup>.

O ácido fluorídrico condiciona a cerâmica por meio da dissolução de sua fase vítrea aumentando o número de grupamentos Si-OH disponíveis na superfície da cerâmica. Essa fase é parcialmente dissolvida para criar uma microestrutura com uma maior área de superfície para a adesão. Autores relataram que as cerâmicas de dissilicato de lítio condicionadas com o ácido fluorídrico apresentam maior resistência adesiva. Os melhores resultados encontrados foram para o condicionamento com ácido fluorídrico 9,5% por 60 segundos<sup>4</sup> e 5% por 20 segundos<sup>5</sup>.

Os sistemas adesivos utilizados em associação com os cimentos resinosos no procedimento adesivo de dispositivos protéticos são classificados em dois tipos em convencionais ou auto condicionantes. Eles são divididos de acordo com o número de passos, sendo convencional de três passos, convencionais de dois passos, autocondicionantes de dois passos, autocondicionantes de um passo e universais. Os adesivos universais contêm na sua composição bis A glicidil metacrilato (Bis-GMA), hidroxietil metacrilato (HEMA), 10-metacrioxidecila-di-hidrogeno fosfato (10-MDP), 4-META e Fenil-P. O 10-MDP possui uma porção hidrofóbica onde se localiza um grupo vinilo que copolimeriza com os monômeros da resina e uma parte hidrofílica onde está presente o grupo fosfato que apresenta potencial de adesão química ao cálcio da hidroxiapatita, à zircônia e a metais<sup>6</sup>.

O 10-MDP promove uma melhor durabilidade de ligação com o cálcio formando um sal que protege a interface adesiva da hidrólise obtendo-se maiores valores de resistência adesiva e longevidade de união. Algumas marcas comerciais de sistemas adesivos universais também apresentam o agente de silanização em seu conteúdo com o objetivo de simplificar ainda mais os procedimentos de cimentação<sup>7</sup>.

Os silanos são moléculas bifuncionais que promovem a união entre a porção orgânica dos cimentos resinosos com as partículas inorgânicas das cerâmicas. Eles são capazes de interagir com grupamentos hidroxila (-OH) presentes na superfície da sílica nas cerâmicas criando uma ligação covalente e com grupos metacrilatos do agente de união ou cimento resinoso<sup>8</sup>. Os silanos então formam uma união siloxano aumentando a energia de superfície da cerâmica e a molhabilidade do cimento resinoso induzindo assim, interações microscópicas entre os dois materiais<sup>9,10</sup>. A aplicação correta da técnica de cimentação adesiva é a chave para o sucesso e longevidade das restaurações<sup>11</sup>.

Analisando-se a relevância da adesão para a longevidade das restaurações indiretas e o efeito do agente de silanização na união e a eficácia desse agente quando adicionado na composição dos sistemas adesivos universais ou não deve ser melhor avaliada. O objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão da literatura considerando-se a resistência adesiva de peças protéticas de dissilicato de lítio cimentadas com a associação de sistemas adesivos universais e cimentos resinosos e a necessidade da aplicação adicional do agente de silanização.

## 2. METODOLOGIA

O estudo teve como metodologia a busca ativa de artigos originais publicados. Buscou-se realizar uma pesquisa bibliográfica sobre o tema central: resistência adesiva de coroas de dissilicato de lítio cimentadas com a associação de sistemas adesivos universais e cimentos resinosos. Com a finalidade de delimitar o objeto de estudo, optou-se por selecionar apenas produções na forma de artigos publicados de 2015 a 2023. Os artigos foram pesquisados Na base de dados Pubmed, utilizando os seguintes termos: “*universal adhesive systems*”, “*silane*”, “*bond strength*” e “*lithium disilicate*”, resultando em 117 artigos.

A revisão da literatura foi realizada sendo adotados os seguintes critérios de inclusão: 1) ter sido publicado no período de 2015 a 2023; 2) o assunto descrito ser pertinente ao objeto de estudo; 3) objetivo claro e ser fiel ao estudo realizado; 4) ser baseado na literatura anterior; 5) artigos que disponibilizam o texto completo, 6) estudos *in vitro*, 7) artigos sobre a resistência adesiva dos sistemas adesivos universais, 8) estudos em restaurações indiretas, 9) artigos que avaliaram a resistência adesiva após os tratamentos de superfícies dos substratos dentais e da cerâmica e a cimentação da

peça protética, 10) estudos com cerâmicas de dissilicato de lítio, 11) estudos em dentes permanentes, 12) conclusão de acordo com o encontrado. Após a análise, segundo o critério de inclusão e exclusão, foram selecionados 11 artigos.

Foram excluídos estudos realizados com dentes decíduos, que avaliam a resistência adesiva em restaurações diretas ou em outros tipos de cerâmicas que não as de dissilicato de lítio e estudos *in vivo*. Os dados foram analisados, cruzados e debatidos para a realização da redação com os resultados concludentes

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 SISTEMAS ADESIVOS UNIVERSAIS

A evolução da odontologia minimamente invasiva e a busca pela redução do número de etapas clínicas durante os tratamentos odontológicos induziu o mercado a desenvolver sistemas adesivos com protocolos de adesão simplificados. Esse cenário levou ao desenvolvimento dos sistemas adesivos universais, que podem ser aplicados de acordo com a indicação clínica na forma autocondicionante com a finalidade de realizar o tratamento em tempo reduzido e minimizar o risco de sensibilidade pós-operatória, na forma autocondicionante, com a realização do condicionamento ácido prévio seletivo em esmalte com o objetivo de maximizar a adesão ao esmalte dentário e minimizar o risco de sensibilidade pós-operatória ou na forma de condicionamento ácido total com uma etapa anterior de condicionamento com ácido fosfórico 37% em esmalte e dentina<sup>12</sup>.

Apesar de estar presente na bula dos fabricantes as diversas formas de aplicação (autocondicionante, condicionamento seletivo do esmalte e condicionamento ácido total) a literatura mostra quando se realiza o condicionamento seletivo do esmalte ocorre um aumento significativo da resistência de união ao esmalte e um menor grau de irritação à polpa<sup>13</sup>.

Os adesivos universais foram introduzidos no mercado em 2011 e ganharam popularidade, devido às suas propriedades únicas e versatilidade, sendo adequados para uso em uma ampla variedade de procedimentos restauradores.

##### 3.1.1 Composição e resistência de união dos sistemas adesivos universais

Os sistemas adesivos universais apresentam monômeros específicos derivados de ácidos carboxílicos (4-MET) e monômeros fosfóricos (10-MDP e Fenil-P) que realizam ligação iônica com o cálcio contido na hidroxiapatita. O monômero funcional *dihidrogenofosfato de 10-metacriloiloxidecil* (10-MDP) cria uma forte interação química com a hidroxiapatita. O 10-MDP

induz a dissolução superficial da hidroxiapatita com a subsequente formação de sais de cálcio MDP que conferem proteção contra a hidrólise contribuindo para a longevidade da união<sup>14</sup>. A resistência de união é um elemento essencial na avaliação da eficácia de um adesivo<sup>15</sup>.

Além dos monômeros, algumas marcas comerciais de sistemas adesivos universais apresentam o agente de silanização em sua composição.

### 3.2 AGENTES DE SILANIZAÇÃO

Silanos são uma classe de moléculas orgânicas que contêm um ou mais átomos de silício. O silano específico utilizado em odontologia é o 3-metacriloxipropiltrimetoxissilano. Sua função é atuar como acoplador químico, ligando estruturas orgânicas (materiais à base de resina) a estruturas inorgânicas (cerâmicas)<sup>8</sup>.

O silano possui potencial para reagir com grupos hidroxila (-OH) presentes na superfície da sílica das cerâmicas e com o grupo metacrilato de um agente de ligação ou de cimentos resinosos<sup>8</sup>.

#### 3.2.1 Sistemas adesivos universais e agentes de silanização

Os sistemas adesivos universais apresentam uma nova abordagem simplificada para a ligação de cerâmica a cimentos resinosos. Algumas marcas comerciais de sistemas adesivos universais contêm silano que auxilia na união da cerâmica ao cimento resinoso<sup>16</sup>. Atualmente, as marcas de adesivos universais que possuem silano na sua composição são: o sistema adesivo universal comercialmente disponível e contendo silano *Scotchbond Universal* (3M ESPE) e o sistema adesivo universal *Clearfil Universal Bond* (Kuraray Noritake Dental, Tóquio, Japão).

### 3.3 CIMENTOS RESINOSOS

Os cimentos resinosos caracterizam-se por apresentarem adesão ao substrato dentário, pequena solubilidade aos fluidos orais, resistência moderada a alta, bom controle do tempo de trabalho, além de apresentarem excelentes propriedades mecânicas e estéticas. São indicados para cimentação de coroas metálicas, metalo-cerâmicas, cerâmicas policristalinas, cerâmicas vítreas, pinos e núcleos metálicos e pinos e núcleos estéticos<sup>17</sup>.

Atualmente podem ser indicados para cimentação de peças metálicas principalmente quando utilizadas com os sistemas adesivos universais que contêm o monômero 10-MDP que possibilita a adesão ao metal. Peças de zircônia também podem ser cimentadas dessa forma, pois na tabela periódica são classificadas como grupo dos metais. As principais desvantagens referem-se ao custo,

sensibilidade à umidade, dificuldade de remoção de excessos e técnica mais complexa, quando há necessidade de associação com sistemas adesivos<sup>18</sup>. Esses materiais são classificados de acordo com a forma como interagem com os substratos dentais e com o mecanismo de polimerização.

Os cimentos resinosos são divididos em convencionais e autoadesivos conforme a interação com os substratos dentais. Os cimentos resinosos convencionais não possuem mecanismo intrínseco de adesão aos substratos dentais e por isso é necessária a associação com sistemas adesivos. Já, os autoadesivos não necessitam dessa associação, pois suas matrizes orgânicas contêm monômeros multifuncionais de metacrilatos derivados do ácido fosfórico, que interagem quimicamente com a hidroxiapatita presente no tecido dentário<sup>19</sup>.

Com relação ao mecanismo de polimerização, os cimentos resinosos são divididos em cimentos fotoativados, quimicamente ativados e de ativação dual. Os cimentos resinosos fotoativados são usados em situações que há possibilidade de passagem da luz pela restauração indireta, ou seja, peças de pequena espessura como facetas e laminados cerâmicos. Os cimentos resinosos quimicamente ativados são empregados em situações em que não há possibilidade de passagem de luz. Os cimentos resinosos de ativação dual contam com duas formas de ativação sendo uma pela luz e um sistema de ativação químico que complementa a polimerização do material em regiões onde a luz não consegue alcançar.

#### 3.4 CERÂMICAS DE DISSILICATO DE LÍTIO

Além de excelente biocompatibilidade e excelentes propriedades mecânicas, o dissilicato de lítio apresenta características estéticas muito boas, especialmente em relação à translucidez, que é cerca de 30% maior do que a zircônia convencional<sup>20</sup>.

O dissilicato de lítio foi introduzido no início da década de 90 com a formulação comercial denominada “IPS Empress 2” (*Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein*). Era composto por 65% de dissilicato de lítio, incorporado em uma matriz de vidro, com porosidade de 1%<sup>21</sup>. Para a época, esse material apresentou ótimas propriedades mecânicas (resistência à flexão: 350 MPa; tenacidade à fratura: 3,3 MPa√m; temperatura de extrusão por calor: 920 °C; coeficiente de expansão térmica: 10,6 + 0,25 ppm/°C). Inicialmente foi disponibilizado na forma de lingotes para ser utilizado através da prensagem térmica, visando a produção de núcleos. Para otimizar as características ópticas, os núcleos eram revestidos com uma cerâmica de fluorapatita, contendo 19-23% de cristais de fluorapatita (Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>F) incorporados em uma matriz vítrea<sup>22</sup>.

Através da otimização dos parâmetros de processamento, que permitiram a formação de cristais menores e com distribuição mais uniforme, em 2005 surgiu uma nova formulação,

comercializada como IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent), a qual apresentou propriedades mecânicas e características ópticas melhoradas (resistência à flexão: 370–460 MPa; tenacidade à fratura: 2,8–3,5 MPa√m). A melhora nos parâmetros mecânicos se deu devido a distribuição em camadas, fortemente interligadas dos cristais alongados de dissilicato, fato que dificulta a propagação de trincas através dos planos e, devido a incompatibilidade entre os coeficientes de expansão térmica dos cristais de dissilicato de lítio e a matriz vítrea, de modo que a matriz vítrea induz uma tensão tangencial de compressão ao redor dos cristais<sup>23</sup>.

Além de fabricar núcleos cerâmicos para coroas bicamadas, o fortalecimento e a resistência aprimorados do IPS e.max Press possibilitaram a ampliação de suas aplicações clínicas para restaurações monolíticas. Estas não requerem cerâmica de revestimento, são moldadas anatomicamente, apresentam coloração por meio de manchas superficiais e exibem resistência à fadiga superior às restaurações bicamadas<sup>21</sup>.

Atualmente, além da técnica de prensagem a quente, a implementação de tecnologias de design e fabricação assistidos por computador (CAD-CAM) levou à introdução de blocos cerâmicos por meio de dispositivos de fresagem (IPS e.max CAD). Blocos pré-cristalizados são fabricados contendo 40% de metassilicatos ( $\text{Li}_2\text{SiO}_3$ ), além de núcleos cristalinos de dissilicato de lítio ( $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ ). Possuem resistência flexural moderada de 130 MPa, fato que é vantajoso por apresentar maior eficiência de corte, facilidade e rapidez<sup>21, 23</sup>.

A fresagem é realizada no estado pré-cristalizado e, após a conclusão, ocorre um ciclo de aquecimento que transforma os cristais de metassilicato em dissilicato de lítio, aumentando a resistência flexural para valor em torno de  $262 \pm 88$  MPa e tenacidade à fratura de 2,5 MPa<sup>21</sup>. Os blocos são disponibilizados em diferentes cores, obtidas pela dispersão de íons de coloração na matriz vítrea e em diferentes graus de translucidez, com base no tamanho e distribuição dos cristais na matriz vítrea<sup>22</sup>.

### 3.5 RESISTÊNCIA ADESIVA DE CERÂMICAS DE DISSILICATO DE LÍTIO COM OS SISTEMAS ADESIVOS UNIVERSAIS CONTENDO SILANO NA SUA COMPOSIÇÃO E APLICAÇÃO ADICIONAL DE SILANO

Um estudo conduzido por Elsayed et al.<sup>24</sup> testou a resistência de união e a durabilidade após envelhecimento artificial de primers universais e adesivos universais a cerâmicas de dissilicato de lítio. Os testes foram realizados em diferentes períodos de armazenamento (3, 30 e 150 dias) e utilizou os seguintes sistemas: *Monobond Plus/Variolink Esthetic DC*, *Scotchbond Universal/Rely X Ultimate*, *OptiBond XTR/Adhesive NX 3*, *All Bond Universal/Duo Link Universal* e *Calibra Silane*,

*Prime and Bond NT/Calibra Esthetic*. Os principais resultados obtidos foram que inicialmente todos os sistemas de união apresentaram alta resistência de união, mas alguns mostraram uma redução significativa após 30 e 150 dias de armazenamento. O *Monobond Plus*, que contém silano e monômero de fosfato, apresentou resistências de união significativamente mais alta do que os outros sistemas de primer e adesivos universais se mantendo estável ao longo do tempo. Esse estudo demonstrou que a resistência de união à cerâmica de dissilicato de lítio é significativamente influenciada pelo sistema de união utilizado. Foi observado que o uso de um primer separado contendo silano e monômero de fosfato proporcionou uma união mais durável que os silanos incorporados em adesivos multimodais universais. O efeito do silano incorporado aos sistemas adesivos multimodais universais é limitado.

Maier et al.<sup>25</sup> fabricaram 960 barras de cerâmica de dissilicato de lítio e as dividiu em quatro grupos. O grupo 1 foi tratado com ácido fluorídrico 5% por 20 segundos, o Grupo 2 foi tratado com ácido fluorídrico 5% por 20 segundos e silanizado, o grupo 3 foi pré-tratado com um primer autocondicionante para cerâmica de vidro (*Monobond Etch & Prime*) e o grupo 4 não recebeu nenhum pré-tratamento. Três adesivos universais (*iBOND Universal*, *Scotchbond Universal Adhesive*, *Futurabond U*) foram aplicados nas superfícies pré-tratadas, com *Heliobond* servindo como controle. As barras de cada grupo foram unidas utilizando *Variolink II*, seguido de fotoativação. Metade das amostras de cada grupo foi submetida ao teste de resistência adesiva à tração, e a outra metade foi submetida à termociclagem antes do teste. Os principais resultados encontrados foram que a silanização adicional após tratamento com ácido fluorídrico resultou em melhorias significativas na resistência adesiva do adesivo universal contendo silano. O primer autocondicionante para cerâmica de vidro *Monobond Etch & Prime* apresentou resistência adesiva semelhante às amostras tratadas com ácido fluorídrico e silanizadas. A termociclagem não afetou significativamente a resistência adesiva dos diferentes sistemas testados. Esses resultados sugerem que a silanização adicional pode ser benéfica para melhorar a adesão de cerâmicas de dissilicato de lítio com adesivos universais contendo silano.

Kalavacharla et al.<sup>16</sup> realizaram um experimento com 60 blocos de dissilicato de lítio (*e.max CAD*, *Ivoclar Vivadent*), que foram divididos em seis grupos (n=10) com diferentes pré-tratamentos de superfície: 1) sem tratamento (controle); 2) condicionamento com ácido fluorídrico a 5% por 20 segundos; 3) condicionamento com ácido fluorídrico a 9,5% por 60 segundos; 4) silano sem ácido fluorídrico; 5) ácido fluorídrico a 5% por 20 segundos + silano e 6) ácido fluorídrico a 9,5% por 60 segundos + silano. O objetivo foi medir os efeitos do condicionamento com ácido fluorídrico (HF) e do silano antes da aplicação de um adesivo universal na resistência de união entre dissilicato de lítio e resina. Os agentes de silanização foram aplicados por 20 segundos, sistema adesivo universal

*Scotchbond universal* foi aplicado na superfície da cerâmica, foi aplicado um jato de ar e fotoativado por 10 segundos. Um tubo plástico de 1,5 mm foi preenchido com resina composta Z100 (3M/ESPE), unido à superfície da cerâmica e fotoativado por 20 segundos. A resistência de união obtida por meio do teste de resistência ao cisalhamento, após termociclagem. Os resultados encontrados indicam que o condicionamento com ácido fluorídrico e o tratamento com silano melhoraram significativamente a resistência de união entre a resina composta Z100 (3M/ESPE) e o dissilicato de lítio quando utilizados com um adesivo universal. Quanto maior a concentração do ácido fluorídrico, maior é a resistência de união ao cisalhamento. A presença do silano aumenta a resistência adesiva ao cisalhamento quando comparada a sua ausência.

Kim et al.<sup>26</sup> investigaram o efeito de sistemas adesivos universais contendo silano na resistência de união ao dissilicato de lítio. Para esse teste utilizaram 240 blocos de cerâmica de dissilicato de lítio que foram divididos em 16 grupos, de acordo com os seguintes tratamentos de superfície: tratados ou não com ácido fluorídrico, tratados ou não com silano, e o tipo de adesivo universal utilizado (*All-Bond Universal* (ABU); *Prime & bond* (PB); *Clearfil Universal Bond* (CU); *Single bond Universal* (SBU). Após o tratamento de superfície, discos de resina foram unidos a cada dissilicato de lítio usando cimento resinoso *Relyx Ultimate* (3M/ESPE) e fotoativado por 40 segundos. As amostras foram armazenadas em água destilada por 24 horas e, em seguida, submetidas ao teste de resistência de união à microtração. Os resultados encontrados foram que independente do tratamento com silano, todos os grupos tratados com ácido fluorídrico mostraram resistências adesivas mais altas em comparação com aqueles que não tratados. Para todos os grupos experimentais tratados com silano separadamente, a resistência adesiva entre a resina e o dissilicato de lítio foi aumentada. Foi observada perda da união e fendas parciais entre o cimento resinoso e o dissilicato de lítio quando aplicado somente o ácido fluorídrico na ausência do silano. Quando aplicada a associação entre ácido fluorídrico e silano as superfícies permaneceram intactas. Os autores concluíram que o silano contido em adesivos universais não melhorara efetivamente a resistência adesiva entre dissilicato de lítio e cimento resinoso, ou seja, o silano contido no sistema adesivo universal não é mais efetivo que o sistema adesivo universal sem silano.

Yao et al.<sup>10</sup> investigaram o efeito do pré-tratamento com silano na adesão de um sistema adesivo universal entre cerâmica de dissilicato de lítio e resina composta por meio de testes *in vitro*. Blocos de *IPS e.max* foram condicionados com ácido fluorídrico e divididos em 8 grupos tratados com um dos quatro sistemas adesivos universais, sendo dois livres de silano e dois contendo silano, além disso foram estabelecidos grupos onde foi aplicado ou não o silano adicional de forma separada. Os espécimes foram submetidos ao cisalhamento. Os resultados sugerem que o pré-tratamento adicional com silano pode melhorar efetivamente a resistência de união e o selamento marginal desses

sistemas adesivos à cerâmica de dissilicato de lítio. Na avaliação de microinfiltração observou-se que não há diferenças significativas entre sistemas adesivos sem pré-tratamento contendo ou não silano na sua composição. Os autores concluíram que o desempenho de adesão dos adesivos universais contendo silano sem pré-tratamento é semelhante ao dos adesivos sem silano. Yao et al.<sup>27</sup> conduziu novamente um estudo *in vitro* com o objetivo de verificar a eficácia a longo prazo da adesão cerâmica-resina com adesivos universais em modos com pré-tratamento sem silano e com pré-tratamento com silano após 10.000 ciclos de envelhecimento térmico, relatando que a utilização de adesivos universais sem pré tratamento com silano reduziu a eficácia da adesão cerâmica-resina de sistemas adesivos universais após o envelhecimento, e o pré-tratamento adicional com silano ajudou a melhorar a durabilidade de união a longo prazo.

Yoshihara et al.<sup>8</sup> investigaram a eficácia e estabilidade da resistência adesiva dos sistemas adesivos contendo silano na sua composição como o *Scotchbond Universal* (3M ESPE) e não contendo silano como o *Clearfil S3 ND Quick* (Kuraray Noritake) misturado com o *Clearfil Porcelain Bond Activator* (Kuraray Noritake) e dois sistemas adesivos com adição do *y-methacryloxypropyltrimethosylsilano* (y-MPTS). A resistência adesiva ao cisalhamento da cerâmica de dissilicato de lítio à blocos de resina CAD-CAM foi testada com e sem envelhecimento por termociclagem. Os resultados sugerem que clinicamente, o uso de um primer de silano separado ou misturado recentemente com o adesivo ainda é recomendado para a união de cerâmicas vítreas. Após a termociclagem a resistência de união do dissilicato de lítio aos blocos de resina CAD-CAM permaneceu estável apenas para dois sistemas adesivos nos quais o *Clearfil Porcelain Bond Activator* foi misturado.

Melo et al.<sup>28</sup> conduziram uma revisão sistemática incluindo 5 estudos *in vitro* sobre a eficácia de próteses de dissilicato de lítio unidas utilizando silano incorporado aos sistemas adesivos universais ou aplicados separadamente. Os resultados mostraram que os melhores resultados para o condicionamento da cerâmica de dissilicato de lítio foram com a associação do ácido fluorídrico e a aplicação de silano separadamente ao sistema adesivo universal. O tratamento com silano puro ou como pré-tratamento adicional com adesivos universais melhorou a resistência de união das cerâmicas vítreas. Assim, pode-se alcançar uma resistência de união ao cisalhamento mais elevada, resultando em maior longevidade do tratamento.

#### 4. DISCUSSÃO

O objetivo desse estudo foi revisar a literatura buscando a resistência adesiva de peças protéticas de dissilicato de lítio cimentadas com a associação de sistemas adesivos universais e

cimentos resinosos e a necessidade da aplicação adicional do agente de silanização. Todos os estudos incluídos nessa revisão apontam melhor resistência adesiva quando o agente de silanização foi aplicado previamente e de forma adicional ao sistema adesivo universal.

Os sistemas adesivos universais possibilitaram uma grande evolução na qualidade adesiva, na redução do número de etapas operacionais e, conseqüentemente, do tempo gasto no procedimento clínico<sup>8, 9</sup>. Contudo, a presença de diferentes componentes no mesmo frasco 10-MDP, bisfenol-A glicidil metacrilato (*BisGMA*) e silano) pode influenciar a função do agente de acoplamento de silano, tornando sua molécula instável em solução<sup>10</sup>.

O 3-Metacriloxipropiltrimetoxisilano é a molécula bifuncional de silano mais utilizada na Odontologia, pré-hidrolisado e diluído em uma solução de água e etanol com pH ideal variando de 4 a 5, ajustado com ácido acético. No entanto, o nível de acidez encontrada nos frascos de adesivo universal é maior, como uma consequência das moléculas de MDP. Sendo assim, o pH ideal para o silano é alterado, causando uma reação de autocondensação e formação precoce de sua forma ativa, o silanol. Além disso, o *BisGMA* evita a reação do silano com hidroxila na superfície cerâmica, tornando-a instável<sup>10</sup>.

Todos os artigos utilizados na revisão mostraram uma melhor união de próteses quando silano e adesivo foram aplicados separadamente. Sugere-se que o pré-tratamento da cerâmica com ácido fluorídrico seguido pela aplicação de adesivos universais contendo silano não é tão eficiente quanto a aplicação adicional do silano em passo separado ao da aplicação do sistema adesivo universal. Além da influência da mudança de pH na união entre cerâmica e cimento resinoso, uma hipótese para justificar esse achado. Essa hipótese sugere que a elevada viscosidade dos sistemas adesivos universais pode reduzir a penetração do agente de acoplamento (silano) nas retenções previamente pelo ácido fluorídrico<sup>10</sup>.

É importante citar que no estudo conduzido por Yao et al.<sup>10</sup> não foi encontrada diferença significativa na resistência ao cisalhamento ao comparar sistemas adesivos universais contendo silano ou não, quando nenhum pré-tratamento adicional com silano foi realizado. A literatura tem sugerido que a quantidade de silano encontrada nos adesivos universais pode não ser apropriada. Futuros estudos que avaliem a influência da quantidade de silano na união de cerâmicas de dissilicato de lítio devem ser conduzidos<sup>28</sup>.

Como limitação do presente estudo encontra-se a inclusão apenas de estudos *in vitro*, que não consideram as características de umidade, pH e temperatura do ambiente bucal. Sendo assim importante a realização de pesquisas clínicas (*in vivo*), realizadas em seres humanos para verificar se as mesmas propriedades serão encontradas.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, todos os artigos utilizados na revisão demonstraram melhor resistência adesiva de próteses confeccionadas com dissilicato de lítio quando o agente de silanização foi aplicado previamente e de forma adicional ao sistema adesivo universal. Os protocolos investigados previamente demonstraram a importância do pré-tratamento da cerâmica com ácido fluorídrico, seguido da aplicação do agente de silanização e da aplicação dos sistemas adesivos universais. Dessa forma, conclui-se que os sistemas adesivos universais que contêm silano na sua composição não são tão eficientes quanto à aplicação prévia do agente de silanização.

#### REFERÊNCIAS

1. Belli R, Geinzer E, Muschweck A, Petschelt A, Lohbauer U. Mechanical fatigue degradation of ceramics versus resin composites for dental restorations. *Dent Mater.* 2014 Apr;30(4):424-432.
2. Pereira CHR. Avaliação da rugosidade superficial da cerâmica de dissilicato de lítio processada por injeção e CAD/CAM após polimento com kits intraorais. [dissertação]. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba; 2019. 71p.
3. Kameyama A, Bonroy K, Elsen C, Lührs AK, Suyama Y, Peumans M, Van Meerbeek B, De Munck J. Luting of CAD/CAM ceramic inlays: direct composite versus dual-cure luting cement. *Biomed Mater Eng.* 2015;25(3):279-288.
4. Colares RC, Neri JR, Souza AM, Pontes KM, Mendonça JS, Santiago SL. Effect of surface pretreatments on the microtensile bond strength of lithium-disilicate ceramic repaired with composite resin. *Braz Dent J.* 2013;24(4):349-352.
5. Nagai T, Kawamoto Y, Kakehashi Y, Matsumura H. Adhesive bonding of a lithium disilicate ceramic material with resin-based luting agents. *J Oral Rehabil.* 2005 Aug;32(8):598-605.
6. Chen L, Suh BI, Brown D, Chen X. Bonding of primed zirconia ceramics: evidence of chemical bonding and improved bond strengths. *Am J Dent.* 2012 Apr;25(2):103-108.
7. Muñoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NH. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *J Dent.* 2013 May;41(5):404-411.
8. Yoshihara K, Nagaoka N, Sonoda A, Maruo Y, Makita Y, Okihara T, Irie M, Yoshida Y, Van Meerbeek B. Effectiveness and stability of silane coupling agent incorporated in 'universal' adhesives. *Dent Mater.* 2016 Oct;32(10):1218-1225.
9. Cardenas AM, Siqueira F, Hass V, Malaquias P, Gutierrez MF, Reis A, Perdigão J, Loguercio A. Effect of MDP-containing Silane and Adhesive Used Alone or in Combination on the Long-term Bond Strength and Chemical Interaction with Lithium Disilicate Ceramics. *J Adhes Dent.* 2017;19(3):203-212.
10. Yao C, Zhou L, Yang H, Wang Y, Sun H, Guo J, Huang C. Effect of silane pretreatment on the immediate bonding of universal adhesives to computer-aided design/computer-aided manufacturing lithium disilicate glass ceramics. *Eur J Oral Sci.* 2017 Apr;125(2):173-180.

11. Baader K, Hiller KA, Buchalla W, Schmalz G, Federlin M. Self-adhesive Luting of Partial Ceramic Crowns: Selective Enamel Etching Leads to Higher Survival after 6.5 Years In Vivo. *J Adhes Dent.* 2016;18(1):69-79.
12. Nagarkar S, Theis-Mahon N, Perdigão J. Universal dental adhesives: Current status, laboratory testing, and clinical performance. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2019 Aug;107(6):2121-2131.
13. Lopes LDS, Malaquias P, Calazans FS, Reis A, Loguercio AD, Barceleiro MDO. Protocolo das possibilidades técnicas de aplicação dos sistemas adesivos universais: revisão de literatura com relato de caso. *Rev Bras Odont.* 2016;73(2):173-177.
14. Carrilho E, Cardoso M, Marques Ferreira M, Marto CM, Paula A, Coelho AS. 10-MDP Based Dental Adhesives: Adhesive Interface Characterization and Adhesive Stability-A Systematic Review. *Materials (Basel).* 2019 Mar 7;12(5):790.
15. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, Van Meerbeek B. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res.* 2005 Feb;84(2):118-132.
16. Kalavacharla VK, Lawson NC, Ramp LC, Burgess JO. Influence of Etching Protocol and Silane Treatment with a Universal Adhesive on Lithium Disilicate Bond Strength. *Oper Dent.* 2015 Jul-Aug;40(4):372-378.
17. Sakaguchi RL, Ferracane J, Powers JM. *Craig's restorative dental materials.* 14<sup>a</sup> edition. St. Louis: Mosby; 2019. p.54-67.
18. Reis A, Loguercio AD. *Materiais Dentários Diretos: Dos Fundamentos à Aplicação Clínica.* 2<sup>a</sup> edição. São Paulo: Editora Santos; 2021. p.34-53.
19. Manso AP, Carvalho RM. Dental Cements for Luting and Bonding Restorations: Self-Adhesive Resin Cements. *Dent Clin North Am.* 2017 Oct;61(4):821-834.
20. Baldissara P, Llukacej A, Ciocca L, Valandro FL, Scotti R. Translucency of zirconia copings made with different CAD/CAM systems. *J Prosthet Dent.* 2010 Jul;104(1):6-12.
21. Zarone F, Ferrari M, Mangano FG, Leone R, Sorrentino R. "Digitally Oriented Materials": Focus on Lithium Disilicate Ceramics. *Int J Dent.* 2016;2016:9840594.
22. Fischer K, Buhler-Zemp P, Volkel T. Scientific Documentation IPS e.max CAD. Schaan, Liechtenstein: Ivoclar Vivadent. 2005:1–30.
23. Denry I, Holloway JA. Ceramics for Dental Applications: A Review. *Materials (Basel).* 2010 Jan 11;3(1):351-368.
24. Elsayed A, Younes F, Lehmann F, Kern M. Tensile Bond Strength of So-called Universal Primers and Universal Multimode Adhesives to Zirconia and Lithium Disilicate Ceramics. *J Adhes Dent.* 2017;19(3):221-228.
25. Maier E, Bordihn V, Belli R, Taschner M, Petschelt A, Lohbauer U, Zorzin J. New Approaches in Bonding to Glass-Ceramic: Self-Etch Glass-Ceramic Primer and Universal Adhesives. *J Adhes Dent.* 2019;21(3):209-217.
26. Kim YR, Kim JH, Son SA, Park JK. Effect of Silane-Containing Universal Adhesives on the Bonding Strength of Lithium Disilicate. *Materials (Basel).* 2021 Jul 16;14(14):3976.
27. 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 Nov/Dec;43(6):602-612.

28. Melo LA, Moura IS, Almeida EO, Junior ACF, Dias TGS, Leite FPP. Efficacy of prostheses bonding using silane incorporated to universal adhesives or applied separately: A systematic review. *J Indian Prosthodont Soc.* 2019 Jan-Mar;19(1):3-8.