

PONTÍFICA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS  
Programa de Pós-graduação em Odontologia

Camilla Lage Martins

**EFEITO DO SISTEMA ADESIVO NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO ENTRE  
CIMENTO IONÔMERO DE VIDRO E RESINA COMPOSTA**

Belo Horizonte

2024

Camilla Lage Martins

**EFEITO DO SISTEMA ADESIVO NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO ENTRE  
CIMENTO IONÔMERO DE VIDRO E RESINA COMPOSTA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título Mestre em Odontologia, Área de Concentração em Clínicas Odontológicas.

Linha de pesquisa: Propriedades físicas, químicas e biológicas dos materiais odontológicos.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Nogueira da Gama Antunes

Belo Horizonte

2024

## FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

M386e Martins, Camilla Lage  
Efeito do sistema adesivo na resistência de união entre cimento ionômero de vidro e resina composta / Camilla Lage Martins. Belo Horizonte, 2024.  
58 f. : il.

Orientador: Alberto Nogueira da Gama Antunes  
Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.  
Programa de Pós-Graduação em Odontologia

1. Resinas compostas. 2. Cimentos de ionômeros de vidro. 3. Teste de materiais (Odontologia). 4. Adesivos dentinários. 5. Resistência ao cisalhamento. 6. Técnicas In Vitro. I. Antunes, Alberto Nogueira da Gama. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 616.314:615.46

Ficha catalográfica elaborada por Fabiana Marques de Souza e Silva - CRB 6/2086

Camilla Lage Martins

**EFEITO DO SISTEMA ADESIVO NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO ENTRE  
CIMENTO IONÔMERO DE VIDRO E RESINA COMPOSTA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia. Área de Concentração: Clínicas Odontológicas.

**COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA:**

- 1- Prof. Dr. Ian Matos Vieira – UESB
- 2- Prof. Dr. Vinícius de Magalhães Barros – PUC Minas
- 3- Prof. Dr. Alberto Nogueira da Gama Antunes – PUC Minas

**DATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA: 19 de fevereiro de 2024**

**A dissertação, nesta identificada, foi aprovada pela Banca Examinadora**

Prof. Dr. Alberto Nogueira da Gama Antunes  
**Orientador**

Prof. Dr. Rodrigo Villamarim Soares  
**Coordenador do Programa de Pós-graduação  
em Odontologia**

*Á minha mãe, Ivone Almeida Lage, por ser o maior estímulo dos meus sonhos. Ela é um exemplo vivo de determinação e coragem. Como citou Elis Regina, ela foi “a dose mais forte e lenta, de uma gente que ri quando deve chorar, e não vive, apenas aguenta”, no momento mais difícil de nossas vidas, a perda do nosso pai. Ela foi pilar, foi mãe e pai e propôs aos seus três filhos o acesso à educação que nunca teve. Encontrei nela, o exemplo de força e resiliência.*

## AGRADECIMENTOS

É com imensa gratidão que dedico este momento a expressar meu profundo agradecimento a todos que estiveram ao meu lado durante esta jornada de construção e reflexão.

Agradeço ao meu orientador acadêmico, Alberto Antunes, pela orientação sábia, paciente e pela inspiração transmitida em cada direcionamento. Sua contribuição foi fundamental para o desenvolvimento desta dissertação e para meu crescimento. Serei eternamente grata a ele, Alberto foi leveza quando eu mais precisei e concluirei esta etapa com uma grande inspiração de Mestre.

Minha gratidão pelos familiares, em especial Pedro, Lucas e Ana Carulina, que acreditaram em mim e que apoiaram esse sonho, compreenderam os momentos de ausência e incentivaram incansavelmente. Esse suporte foi essencial.

À Odontologia e Engenharia da PUC Minas, por todo suporte e construção do trabalho.

Por fim, agradeço a todos que, direta e indiretamente, contribuíram para esta conquista. Este momento não seria possível sem o acúmulo de aprendizados, trocas e experiências ao longo da jornada acadêmica.

Que este trabalho contribua de alguma forma para o avanço do conhecimento na Odontologia e para a sociedade como um todo. Obrigada a todos que fizeram parte desta caminhada e que ajudaram a chegar até aqui.

“Não desampares a sabedoria, e ela te guardará; ama-a, e ela te conservará. A sabedoria é a coisa principal; adquiere, pois, a sabedoria; sim, com tudo o que possuis, adquiere o conhecimento.” (Provérbios 4:6-7).

## RESUMO

A crescente demanda por restaurações estéticas na região posterior tem se tornado parte fundamental da prática odontológica, refletindo o interesse crescente por materiais estéticos. No entanto, encontrar um material restaurador que apresente características ideais, semelhantes à estrutura dental, sempre foi um desafio na odontologia. Em busca dessas propriedades, técnicas que combinam aspectos físicos e químicos de diferentes materiais são exploradas visando o sucesso das restaurações estéticas duradouras na região posterior. Este estudo investiga a técnica 'sanduíche', que combina cimento ionômero de vidro e resina composta, por meio de testes *in vitro* de força de cisalhamento. O objetivo foi de avaliar a eficácia dessa técnica com diferentes tipos de sistemas adesivos. Foram feitas 360 adesões sobre a superfície do cimento de ionômero Riva (SDI, Austrália) divididas de acordo com o material adesivo: Scotchbond™ Universal Plus 3M™, Adper™ Single Bond 2 3M™, Adesivo Adper™ Scotchbond™ 3M™. Adicionalmente foi avaliada a influência do condicionamento com ácido fosfórico sobre o CIV e o envelhecimento artificial por meio da imersão dos corpos de prova em meio úmido por 6 meses. Foi possível concluir que, depois do armazenamento, houve redução dos valores de resistência ao cisalhamento para o grupo que usou ao adesivo Universal quando o ácido fosfórico foi usado. Os demais grupos não apresentaram redução dos valores, independente da aplicação do ácido fosfórico sobre o CIV. Após 6 meses de armazenamento, houve aumento do número de fraturas coesivas.

Palavras-chave: Adesivos dentinários. Cimentos ionômero de vidro. Resistência ao cisalhamento.

## ABSTRACT

The increasing demand for aesthetic restorations in the posterior region has become an essential part of dental practice, reflecting the growing interest in aesthetic materials. However, finding a restorative material that exhibits ideal characteristics similar to dental structure has always been a challenge in dentistry. In the pursuit of these properties, techniques that combine physical and chemical aspects of different materials are explored to achieve successful, long-lasting aesthetic restorations in the posterior region. This study investigates the 'sandwich' technique, which combines glass ionomer cement and composite resin through in vitro shear bond strength tests. The aim of this study was to assess the effectiveness of this technique with different types of adhesive systems. A total of 360 adhesions were made on the surface of Riva glass ionomer cement (SDI, Australia), divided according to the adhesive material used: Scotchbond™ Universal Plus 3M™, Adper™ Single Bond 2 3M™, Adper™ Scotchbond™ 3M™. Additionally, the influence of phosphoric acid conditioning on the glass ionomer cement and artificial aging through immersion of the specimens in a humid environment for 6 months was evaluated. It was possible to conclude that, after storage, there was a reduction in shear bond strength values for the group that used the Universal adhesive when phosphoric acid was used. The other groups did not show a reduction in values, regardless of the application of phosphoric acid on the glass ionomer cement. After 6 months of storage, there was an increase in the number of cohesive fractures.

Keywords: Dentin adhesives. Glass ionomer cements. Shear bond strength.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1</b>	<b>Materiais .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2</b>	<b>Confecção dos corpos de prova .....</b>	<b>24</b>
<b>3.3</b>	<b>Armazenamento das amostras.....</b>	<b>28</b>
<b>3.4</b>	<b>Teste de cisalhamento.....</b>	<b>29</b>
<b>3.5</b>	<b>Análise da fratura com auxílio de microscopia óptica .....</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>ARTIGO CIENTÍFICO .....</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento pela procura de tratamentos adesivos estéticos tem crescido cada vez mais. Assim, técnicas restauradoras alternativas são propostas para que compensem a contração de polimerização da resina composta. A técnica sanduíche, que consiste na aplicação do cimento ionômero de vidro (CIV) anteriormente à aplicação da resina composta (Becci *et al.*, 2017; Munari *et al.*, 2018; Manihani *et al.*, 2021) é uma possibilidade restauradora que permite a diminuição do uso da resina composta no interior das cavidades preparadas para serem restauradas pelo método direto.

Materiais à base de metacrilato, apesar de grande evolução nos últimos anos e ao pequeno desgaste devido as propriedades adesivas, ainda apresentam deficiências e limitações clínicas como alta contração de polimerização, desgaste e coeficiente de expansão térmico. Essas propriedades podem provocar micro infiltrações marginais, possibilitando a formação de cáries secundárias, sensibilidade pós-operatória e irritação pulpar (Babannavar; SHENOY, 2013; Becci *et al.*, 2017; Pamir; Şen; Evcin, 2012).

Assim, o revestimento de CIV antes da restauração de resina composta é uma ótima alternativa para aumento do sucesso clínico especialmente em restaurações profundas, pois o CIV possui propriedades compatíveis à estrutura dental, como baixo coeficiente de expansão térmico semelhantes à dentina, união química ao esmalte e dentina mesmo úmidos, biocompatibilidade além disso possui ação anticariogênica devido a liberação de flúor (Davidson, 2006; Pamir; Şen; Evcin, 2012; Sato *et al.*, 2021), sendo importante ressaltar que o cimento de ionômero de vidro liberará quantidades significativas de flúor nos primeiros dias devido ao efeito de enxágue superficial inicial, fortalecendo ainda mais sua eficácia na prevenção de cáries (Almira, 2023).

Porém, o CIV convencional não possui boa resistência de união química com a resina composta (Munari *et al.*, 2018), podendo assim inviabilizar o sucesso clínico da técnica sanduíche. Uma excelente alternativa para a melhora da união seria a utilização do CIV modificado por resina, que teve início há quase 20 anos, incorporando metacrilato fotoativado e 2-HEMA ou bisfenol-A-glicidil metacrilato e que possui propriedades mecânicas do CIV convencional aliado à adesão, facilitando o manuseio e a estética do material (Becci *et al.*, 2017; Rai *et al.*, 2017). Ele possui reação de dupla presa ácido-base completada por reação de polimerização química dos componentes resinosos (Rao *et al.*, 2013). Esta última pode possuir componentes da presa por luz ou pelo mecanismo quimicamente ativado.

A técnica sanduíche então combina as vantagens de cada material para melhor aplicabilidade clínica e longevidade das restaurações, melhorando assim a qualidade marginal, deformação e resultados clínicos como a redução de sensibilidade pós-operatória (Babannavar; Shenoy, 2013; Pamir; Şen; Evcin, 2012). Outro modo de melhorar a adesão do CIV com resina composta é realizando o condicionamento ácido previamente a restauração em resina composta, elevando a rugosidade do CIV e melhorando a retenção micromecânica. Porém, esse processo pode ser inviabilizado devido a contaminação por umidade na etapa de lavagem do ácido fosfórico, quebrando as cadeias de poliacrilato de cálcio e alterando as propriedades físicas (Becci *et al.*, 2017; Gopikrishna *et al.*, 2009).

Segundo Becci *et al.* (2017), mesmo a resina composta sendo material utilizado em cavidades profundas sem a proteção do complexo pulpodentina pode causar irritabilidade pulpar. O revestimento de cimento ionômero de vidro previamente à restauração de resina composta é preconizado por muitos autores pois assimilar esse material previne que as propriedades da resina composta, como coeficiente de expansão térmica, contração e tensão por polimerização, prejudiquem a restauração e o elemento dental a longo prazo e obtém-se propriedades físicas e químicas do CIV que podem ser benéficas, como a liberação de flúor, delinear de expansão térmico próximo ao da dentina, baixa contração por polimerização e biocompatibilidade (Becci *et al.*, 2017; Munari *et al.*, 2018). Associando assim vantagens de cada material e prevenindo microinfiltrações à longo prazo.

Por outro lado, Van de Sande *et al.* (2015) concluíram que apesar da vantagem do uso da camada de CIV sob a restauração de resina composta a sobrevida da restauração posterior obteve muitas falhas como a fraturas de toda restauração, e que a presença dessa base de CIV não afetou a sobrevivência das restaurações comparadas a restaurações sem a base. Porém, segundo Becci *et al.* (2017) a baixa união química entre CIV e resina composta podem interferir nas propriedades finais da restauração e sua longevidade. Para melhorar essa adesão o uso de CIV modificado por resina pode ser indicado. Ele possui vantagens de propriedades do CIV convencional aliada a propriedades estéticas e mecânicas da resina composta por possuir monômeros polimerizáveis.

Outra forma de aumentar a união entre CIV e resina composta seria utilizando o condicionamento ácido por 30 segundos, aumentando microretenções da região a ser restaurado (Munari *et al.*, 2018). Porém, o processo de lavagem pode ocasionar em contaminação por umidade, causando dissolução das cadeias de poliacrilato de sódio e alterando suas propriedades químicas (Becci *et al.*, 2017). Prevenindo o processo de lavagem, o uso de adesivos autocondicionantes pode resolver esse problema já que não necessita do enxágue.

Segundo estudo feito por Arora *et al.* (2010), em que avaliou o papel dos adesivos odontológicos na união resina composta e CIV modificado por resina, a resistência de união ao microcissalhamento foi maior utilizando o adesivo autocondicionante. Esses adesivos autocondicionantes possuem monômeros ácidos que condicionam o substrato dental.

Em outro estudo, Munari *et al.* (2018) avaliou o efeito do condicionamento ácido e sistemas adesivos distintos na união entre CIV convencional e resina composta sobre força de tração e concluiu-se que o uso de adesivo universal promoveu maior resistência de união desses materiais, e que o condicionamento ácido afetou negativamente a resistência de união do sistema adesivo de condicionamento total.

Becci *et al.* (2017) e Farshidfar *et al.* (2022) avaliando a resistência de união da resina composta a diferentes CIV utilizando sistemas adesivos convencionais e autocondicionantes concluíram que os sistemas adesivos autocondicionantes constituem uma boa opção para estabelecer a união entre resina composta e cimento ionômero de vidro.

Pamir, Şen e Evcin (2012) por sua vez, compararam a união entre resina composta a diferentes tipos de CIV e concluiu que a união com CIV modificado por resina foi significativamente maior do que CIV convencional. Além disso, ele concluiu que a união teve maior resistência com a aplicação de ácido fosfórico por 30 segundos e que ambos os adesivos etch-rinse & bond e autocondicionantes podem ser usados na técnica sanduíche sem nenhuma diferença significativa.

Assim, o emprego de adesivos autocondicionantes se mostra uma opção atrativa nesse contexto, pois dispensam a etapa de lavagem (Becci *et al.*, 2017). Embora demonstrando uma maior resistência de união à microtração, estudos não apontam diferenças significativas em comparação com outros sistemas adesivos (Munari *et al.*, 2018).

No entanto, os métodos de resistência de união permanecem particularmente valiosos para substratos como ionômeros de vidro ou esmalte, já que são particularmente sensíveis às variáveis de preparação de amostras e às condições do teste de resistência de união. Esse ensaio de microcissalhamento, apesar de relativamente simples, permite uma triagem eficiente dos sistemas adesivos, oferecendo um perfil detalhado da região e profundidade em diferentes substratos, além de preservar a integridade dentária (Armstrong *et al.*, 2010).

No entanto, Placido *et al.* (2007) concluíram que os resultados do teste de resistência de união ao microcissalhamento podem, na verdade, subestimar a resistência ao cissalhamento quando comparados ao teste macroscópico convencional de resistência de união.

Apesar disso, os métodos de teste de resistência de união ao microcissalhamento permanecem altamente benéficos para substratos como ionômeros de vidro ou esmalte, que são

particularmente afetados pelas condições de preparação das amostras e pelas variáveis do teste de resistência de união (Armstrong *et al.*, 2010).

Além disso, Sadr *et al.* (2007) afirmaram que o teste de microcisalhamento é adequado para estudos de durabilidade em ambiente úmido, devido às curtas distâncias de difusão. Este estudo se propõe a avaliar e comparar a adesão entre CIV modificado por resina e resina composta, por meio do ensaio de cisalhamento, utilizando diferentes tipos de sistemas adesivos, convencionais e autocondicionantes, após armazenamentos de 24 horas e de 6 meses em ambiente úmido.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Esta dissertação teve como objetivo avaliar a resistência de união entre o cimento ionômero de vidro modificado por resina (RIVA LIGHT CURE; SDI) e a resina composta microhíbrida Filtek™ Z100 (3M™ ESPE), empregando três tipos distintos de adesivos (Scotchbond™ Universal Plus 3M™, Adper™ Single Bond 2 3M™, Adesivo Adper™ Scotchbond™ 3M™). Essa avaliação foi realizada em diferentes intervalos de armazenamento, tanto após 24 horas quanto após 6 meses, utilizando o ensaio de cisalhamento como método de análise.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) avaliar o impacto do tipo de sistema adesivo na resistência de união entre o cimento ionômero de vidro modificado por resina composta (CIV) e a resina composta;
- b) Investigar o efeito da aplicação do ácido fosfórico 37% na superfície do CIV modificado por resina composta em relação à resistência de união com a resina composta;
- c) analisar o efeito do envelhecimento artificial, por meio do armazenamento em água destilada a 37°C por 6 meses, nos valores de resistência de união;
- d) avaliar os padrões de falha dos corpos de prova fraturados após o ensaio de cisalhamento de cada condição experimental.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Materiais

Dentro do escopo desta dissertação, foram empregados materiais específicos para a realização do estudo odontológico proposto. Foram utilizados os seguintes materiais: cimento ionômero de vidro modificado por resina RIVA LIGHT CURE (SDI, Austrália); a resina composta microhíbrida Filtek™ Z100 (3M ESPE, St Paul, EUA); o ácido fosfórico Ultra-Etch™ (Ultradent Products, Inc., South Jordan, EUA), fundamental para o processo de condicionamento ácido; além de três tipos de adesivos odontológicos de diferentes composições: Scotchbond™ Universal Plus, Adper™ Single Bond 2, Adesivo Adper™ Scotchbond™, ambos da 3M ESPE (St Paul, EUA), como mostrado na figura 1.

**Figura 1: Materiais utilizados no estudo**



Fonte: Elaborado pela autora

No que se refere aos processos de polimerização, foi utilizado o fotopolimerizador VALO™ (ULTRADENT, EUA), com base LED, operando no modo Standard 1000mW/cm<sup>2</sup>, conhecido por sua eficiência na ativação e polimerização adequada dos materiais restauradores.

O cimento ionômero de vidro RIVA modificado por resina composta (SDI, Austrália) foi manipulado no aparelho amalgamador Ultramat 2 (SDI Limited, Bayswater, Austrália) e

cuidadosamente inserido nos moldes de resina acrílica autopolimerizável JET – pó e líquido (Clássico, Brasil) com aplicador RIVA (SDI, Austrália). Subsequentemente, os incrementos de resina foram inseridos nos moldes de poliuretano (Elástico Separador Anel, MORELLI, Brasil) de 4mm de diâmetro, seguindo os protocolos técnicos estabelecidos para o procedimento.

A escolha desses materiais foi baseada em seu amplo uso e reconhecimento em âmbito global dentro da comunidade odontológica, fundamentada em suas qualidades técnicas e resultados comprovados.

### **3.2 Confeção dos corpos de prova**

Esta pesquisa de natureza *in vitro* foi conduzida utilizando um total de 360 corpos de prova para a condição experimental. Para a confecção dos corpos de prova, foram utilizados moldes bipartidos de Policloreto de Polivinila (PVC), com dimensões de 10 mm de diâmetro por 1,5 mm de espessura. Estes moldes foram cuidadosamente preenchidos com resina acrílica autopolimerizável JET e criado um espaço específico destinado à acomodação do cimento ionômero de vidro (CIV) modificado por resina com broca maxicut. Os preparos dos corpos de prova seguiram um processo meticuloso, assegurando a precisão das medidas e a uniformidade das amostras. Por meio da inserção controlada da resina acrílica nos moldes, foi criado um compartimento estrutural que permitiu a posterior introdução do CIV modificado por resina, garantindo condições ideais para a realização das análises propostas neste estudo.

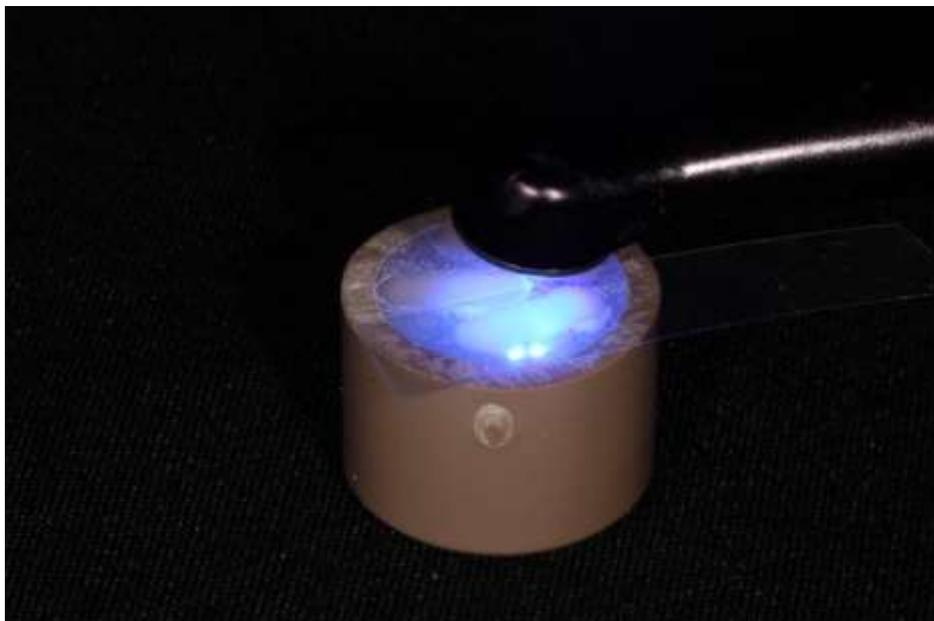
O procedimento para manipulação do cimento ionômero de vidro RIVA segue estritamente as diretrizes estabelecidas pelo fabricante. Após ser submetido ao aparelho amalgamador Ultramat 2 durante 10 segundos, o conteúdo da cápsula é cuidadosamente inserido no molde, utilizando o aplicador RIVA (Fig. 2). Essa abordagem visou garantir um acesso preciso e reduzir a probabilidade de formação de bolhas internas. Em seguida, a polimerização foi realizada com o fotopolimerizador VALO, operando no modo Standard com intensidade de 1000mW/cm<sup>2</sup>, durante 20 segundos, junto à tira de poliéster (K-DENT, Brasil) para melhor lisura da superfície (Fig. 3).

**Figura 2: Introdução do CIV modificado por resina no compartimento**



Fonte: Elaborado pela autora

**Figura 3: Fotopolimerização do CIV modificado por resina com VALO, com o auxílio da tira de poliéster K-DENT**



Fonte: Elaborado pela autora

Após um período de uma semana, todos os discos de cimento ionômero de vidro passaram por um desgaste superficial padronizado utilizando discos de lixa de carbeto de silício com granulação 400-600. Esse procedimento visou criar uma superfície uniforme e nivelada

nos discos. O processo de lixamento foi realizado manualmente por um único operador, durante um minuto, garantindo consistência nos resultados.

Em seguida, os discos foram divididos em diferentes condicionamentos de acordo com o tratamento proposto para a superfície do cimento ionômero de vidro. Estes receberam ou não o condicionamento com ácido fosfórico 37% Ultra-Etch™, por um período de 15 segundos, seguido por enxágue, secagem e aplicação do respectivo sistema adesivo (Fig. 4). A ativação do adesivo foi feita com o fotopolimerizador VALO no modo Standard com intensidade de 1000mW/cm<sup>2</sup>, durante 20 segundos.

**Figura 4: (A) condicionamento com ácido fosfórico 37% Ultra-Etch™; (B) aplicação de adesivo Adper™ Scotchbond™; (C) aplicação de adesivo Scotchbond™ Universal Plus; (D) aplicação de adesivo Adper™ Single Bond 2**



Fonte: Elaborado pela autora

As variáveis independentes foram representadas pelos diferentes sistemas adesivos utilizados: Scotchbond™ Universal Plus, Adper™ Single Bond 2, Adesivo Adper™ Scotchbond™ (todos da 3M ESPE), bem como pelo condicionamento com ácido fosfórico 37% (com ou sem). Este estudo envolveu 360 corpos de prova, os quais foram preparados e aleatoriamente distribuídos entre os seis diferentes condicionamentos mencionados anteriormente, conforme ilustrado na figura 5.

**Figura 5: Distribuição dos condicionamentos**



Fonte: Elaborado pela autora

Em seguida, foram inseridos incrementos da resina composta microhíbrida Z100 sobre a camada de CIV RIVA, utilizando moldes de poliuretano 4mm de diâmetro (Elástico Separador Anel – MORELLI). Estes moldes desempenharam um papel fundamental na padronização e modelagem dos incrementos da resina composta, os quais foram fotopolimerizados por um período de 20 segundos. Após a completa polimerização, os elásticos foram removidos, proporcionando a forma desejada à resina composta e assegurando a consistência no processo de aplicação (Fig. 6)

**Figura 6: (A) incrementos de resina sobre molde de poliuretano 4mm; (B) após polimerização e remoção do elástico obtivemos a padronização dos incrementos**



Fonte: Elaborado pela autora

### 3.3 Armazenamento das amostras

Os corpos de prova aderidos foram separados por grupos de acordo com o condicionamento e cuidadosamente armazenados em um recipiente em condições de umidade controlada, mantendo um ambiente com 100% de umidade relativa, utilizando água destilada, como mostrado na figura 7. Após o período de 24 horas, metade das amostras foram submetidos ao ensaio de resistência ao cisalhamento, sendo eles:

- a) **Grupo 1:** CIV RIVA com pré-condicionamento utilizando ácido fosfórico 37% Ultra-Etch™ e Scotchbond™ Universal Plus 3M™ (n=30);
- b) **Grupo 2:** CIV RIVA com Scotchbond™ Universal Plus 3M™ (n=30);
- c) **Grupo 3:** CIV RIVA com pré-condicionamento utilizando ácido fosfórico 37% Ultra-Etch™ e Adper™ Single Bond 2 3M™ (n=30);
- d) **Grupo 4:** CIV RIVA com Adper™ Single Bond 2 3M™ (n=30);
- e) **Grupo 5:** CIV RIVA com pré-condicionamento utilizando ácido fosfórico 37% Ultra-Etch™ e Adesivo Adper™ Scotchbond™ 3M™ (n=30);
- f) **Grupo 6:** CIV RIVA com Adesivo Adper™ Scotchbond™ 3M™ (n=30);

Enquanto isso, a outra metade dos grupos foram mantidos nas condições de umidade, porém, diferentemente, foram testadas apenas após um período de armazenamento prolongado de 6 meses em ambiente úmido, com água destilada mantida a 37°C e trocada semanalmente. Assim, os seguintes grupos com armazenamento de 6 meses foram considerados:

- a) **Grupo 7:** CIV RIVA com pré-condicionamento utilizando ácido fosfórico 37% Ultra-Etch™ e Scotchbond™ Universal Plus 3M™ (n=30),
- b) **Grupo 8:** CIV RIVA com Scotchbond™ Universal Plus 3M™ (n=30);
- c) **Grupo 9:** CIV RIVA com pré-condicionamento utilizando ácido fosfórico 37% Ultra-Etch™ e Adper™ Single Bond 2 3M™ (n=30);
- d) **Grupo 10:** CIV RIVA com Adper™ Single Bond 2 3M™ (n=30);
- e) **Grupo 11:** CIV RIVA com pré-condicionamento utilizando ácido fosfórico 37% Ultra-Etch™ e Adesivo Adper™ Scotchbond™ 3M™ (n=30);
- f) **Grupo 12:** CIV RIVA com Adesivo Adper™ Scotchbond™ 3M™ (n=30);

**Figura 7: Armazenamento das amostras nos períodos de 24 horas ou 6 meses**



Fonte: Elaborado pela autora

### 3.4 Teste de cisalhamento

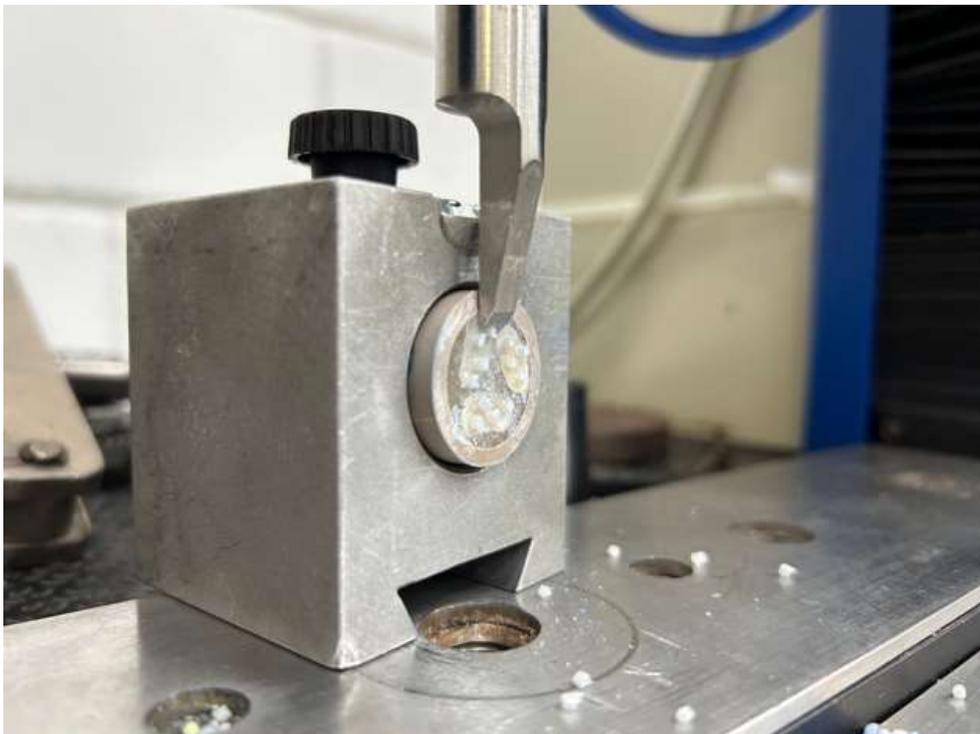
Após os períodos de 24 horas e 6 meses, cada bloco foi fixado na máquina de ensaio universal (Emic 500, Brasil), equipada com uma célula de carga de 500 Newtons (Fig. 8), para a realização do teste de cisalhamento na interface entre o CIV modificado por resina composta e a resina composta (Fig. 9). Estes testes foram conduzidos por dois operadores, no Laboratório de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, utilizando os equipamentos e recursos disponíveis para análise e avaliação das propriedades de adesão dos materiais em estudo.

**Figura 8: Máquina de ensaio universal Emic 500**



Fonte: Elaborado pela autora

**Figura 9: Teste de cisalhamento na interface CIV e resina composta**

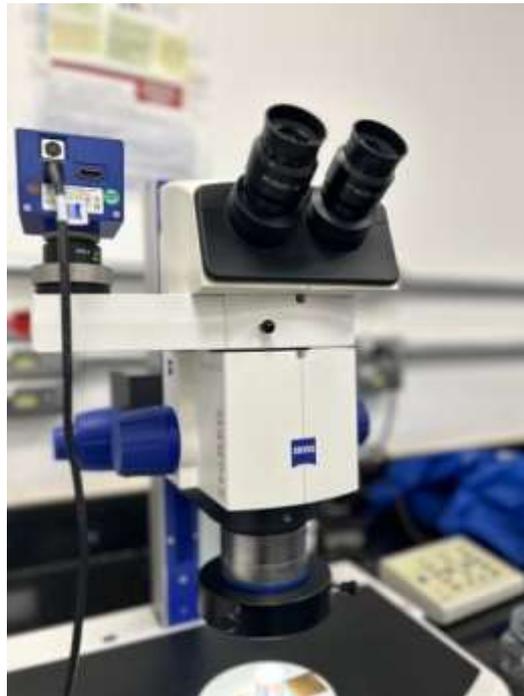


Fonte: Elaborado pela autora

### 3.5 Análise da fratura com auxílio de microscopia óptica

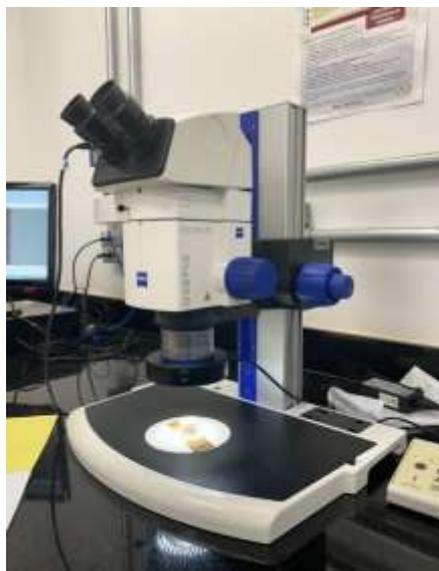
Após a realização do teste de resistência à força de cisalhamento, os espécimes foram minuciosamente examinados utilizando o microscópio SteREO Discovery.V8 (Carl Zeiss, Oberkochen, Alemanha) magnificação 3,2x, demonstrado nas figuras 10 e 11, para analisar os padrões resultantes de fratura.

**Figura 10: Microscópio Zeiss SteREO Discovery.V8**



Fonte: Elaborado pela autora

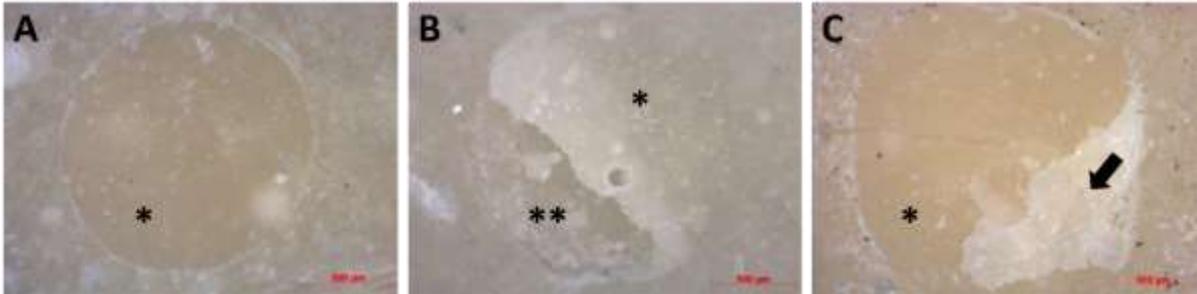
**Figura 11: Corpo de prova posicionado para classificação de fraturas**



Fonte: Elaborado pela autora

Esta análise foi conduzida por dois operadores simultaneamente, buscando uma conclusão mais abrangente e consistente, permitindo a classificação dos padrões de fratura em três categorias distintas: adesiva (indicando falha na interface da resina composta), coesiva (apontando falha no CIV) ou mista (representando uma falha parcialmente adesiva e coesiva), como demonstrado na figura 12.

**Figura 12: Imagens em microscopia óptica dos 3 padrões de fratura encontrados**



**Legenda:** A Imagem “A” mostra o padrão de fratura classificado como adesiva. O asterisco (\*) indica a superfície de CIV exposta após o deslocamento do corpo de prova de resina composta. A imagem “B” mostra o tipo de fratura classificado como coesiva em CIV, o asterisco simples (\*) e composto (\*\*) mostra os dois lados da fratura com formato de cunha do CIV. A imagem em C mostra a fratura considerada como mista com a presença de pedaço de resina composta (seta) e a superfície do CIV.

**Fonte: Elaborado pela autora**

O registro detalhado e a documentação do percentual de ocorrência de cada categoria proporcionarão insights cruciais sobre o desempenho e as características de falha dos materiais em estudo. Essa abordagem rigorosa na análise dos resultados é essencial para obter uma compreensão mais profunda do comportamento dos materiais e suas implicações clínicas.

A cuidadosa seleção de materiais e equipamentos desempenhou um papel crucial na realização dos procedimentos deste estudo, buscando alcançar resultados precisos e congruentes com os mais elevados padrões de excelência na prática odontológica.

**Figura 13: Operador classificando fratura**



**Fonte: Elaborado pela autora**

#### 4 ARTIGO CIENTÍFICO

A proposta de artigo, de acordo com o tema da pesquisa, será enviada para publicação na revista *Journal of International Dental and Medical Research*, com o título:

**Efeito do sistema adesivo na resistência de união entre cimento ionômero de vidro e resina composta**

A realização do artigo seguiu as normas da revista **Journal of International Dental and Medical Research (Qualis B1)**, disponíveis no site para apreciação: <http://www.jidmr.com/journal/author-guidelines/>.

**Efeito do sistema adesivo na resistência de união entre cimento ionômero de vidro e resina composta**

**Camilla Lage Martins<sup>1</sup>, Michel Sena Fernandes Faria Lima<sup>1</sup>, Douglas Visconte Gonçalves<sup>1</sup>, Alberto Nogueira da Gama Antunes<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup> Master's student, Postgraduate Program in Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.

<sup>2</sup> Adjunct Professor, Department of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.

**Correspondence to the author:**

Camilla Lage Martins

E-mail: [camilla.lage@sga.pucminas.br](mailto:camilla.lage@sga.pucminas.br)

Phone: +55 31 98801-5155.

## RESUMO

A crescente demanda por restaurações estéticas na região posterior tem se tornado parte fundamental da prática odontológica, refletindo o interesse crescente por materiais estéticos. No entanto, encontrar um material restaurador que apresente características ideais, semelhantes à estrutura dental, sempre foi um desafio na odontologia. Em busca dessas propriedades, técnicas que combinam aspectos físicos e químicos de diferentes materiais são exploradas visando o sucesso das restaurações estéticas duradouras na região posterior. Este estudo investiga a técnica 'sanduíche', que combina cimento ionômero de vidro e resina composta, por meio de testes *in vitro* de força de cisalhamento. O objetivo foi avaliar a eficácia dessa técnica com diferentes tipos de sistemas adesivos. Foram feitas 360 adesões sobre a superfície do cimento de ionômero de vidro modificado por resina composta, Riva (SDI, Austrália), divididas de acordo com o material adesivo: Scotchbond™ Universal Plus 3M™, Adper™ Single Bond 2 3M™, Adesivo Adper™ Scotchbond™ 3M™. Adicionalmente foi avaliada a influência do condicionamento com ácido fosfórico sobre o CIV modificado por resina composta e o envelhecimento artificial por meio da imersão dos corpos de prova em meio úmido por 6 meses. Foi possível concluir que, depois do armazenamento, houve redução dos valores de resistência ao cisalhamento para o grupo que usou ao adesivo Universal quando o ácido fosfórico foi usado. Os demais grupos não apresentaram redução dos valores, independente da aplicação do ácido fosfórico sobre o CIV modificado por resina composta. Após 6 meses de armazenamento, houve aumento do número de fraturas coesivas.

**Palavras-chave:** Adesivos Dentinários; Cimentos Ionômero de Vidro; Resistência ao Cisalhamento.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem havido um aumento consistente na demanda por tratamentos adesivos estéticos na odontologia<sup>1,2</sup>. Em resposta a essa demanda, surgiu a técnica restauradora alternativa conhecida como técnica sanduíche, que visa compensar os desafios relacionados à contração de polimerização da resina composta<sup>3</sup>. Essa técnica envolve a aplicação de cimento ionômero de vidro (CIV) antes da resina composta, reduzindo assim a quantidade de resina utilizada em restaurações diretas.

No entanto, apesar dos avanços em materiais à base de metacrilatos, eles ainda enfrentam desafios como alta contração de polimerização e coeficiente de expansão térmica elevado, o que pode levar a microinfiltrações marginais, sensibilidade pós-operatória e irritação pulpar<sup>1,4,5</sup>.

O CIV se destaca como uma alternativa viável devido às suas propriedades compatíveis com a estrutura dental, incluindo baixo coeficiente de expansão térmica, união química eficaz ao esmalte e à dentina mesmo em condições úmidas, além de sua ação anticariogênica devido à liberação de flúor<sup>5-7</sup>, sendo importante ressaltar que o cimento de ionômero de vidro liberará quantidades significativas de flúor nos primeiros dias devido ao efeito de enxágue superficial inicial, fortalecendo ainda mais sua eficácia na prevenção de cáries<sup>8</sup>. O CIV convencional apresenta limitações em termos de resistência de união química com a resina composta, o que pode afetar o sucesso da técnica sanduíche<sup>2</sup>. Uma excelente alternativa para melhorar a adesão seria a utilização do CIV modificado por resina, que incorpora metacrilato fotoativado e 2-HEMA ou bisfenol-A-glicidil metacrilato, combinando as propriedades mecânicas do CIV convencional com a adesão da resina composta<sup>1-3</sup>.

A técnica sanduíche, ao combinar o CIV e a resina composta, oferece vantagens significativas, melhorando a qualidade marginal, resistência a deformações e reduzindo a sensibilidade pós-operatória<sup>4,5</sup>. Além disso, a melhoria na adesão entre CIV e resina composta

pode ser alcançada através do condicionamento ácido prévio, aumentando a rugosidade do CIV e promovendo uma melhor retenção micromecânica. É importante evitar a contaminação por umidade durante o processo de lavagem com ácido fosfórico<sup>1,10</sup>. Embora a técnica sanduíche tenha suas vantagens, alguns estudos destacam desafios, como fraturas na restauração<sup>11</sup>. A baixa união química entre o CIV convencional e a resina composta pode influenciar negativamente a longevidade da restauração, mas o uso de CIV modificado por resina pode melhorar essa adesão<sup>1,3</sup>.

Uma abordagem para fortalecer a união entre o CIV e a resina composta é o condicionamento ácido por 30 segundos, que aumenta a microretenção na área restaurada<sup>2</sup>. No entanto, o processo de lavagem subsequente pode introduzir contaminação por umidade, potencialmente dissolvendo as cadeias de poliacrilato de sódio e alterando as propriedades químicas do material<sup>1</sup>. Para contornar esse problema, o uso de adesivos autocondicionantes, que dispensam a etapa de lavagem, surge como uma solução eficaz. Estudos, incluindo os de<sup>2,3,12</sup>, destacam a superioridade dos adesivos autocondicionantes em termos de resistência de união.

Além disso, Munari<sup>2</sup> observou que adesivos universais tendem a fornecer uma maior resistência de união, enquanto o condicionamento ácido pode impactar negativamente a adesão com sistemas adesivos de condicionamento total<sup>5</sup>.

Os ensaios de resistência de união desempenham um papel fundamental na avaliação das uniões entre materiais na odontologia, especialmente substratos sensíveis como ionômeros de vidro e esmalte<sup>13</sup>. Este estudo buscou avaliar e comparar a adesão entre CIV modificado por resina e resina composta, usando diferentes tipos de sistemas adesivos, convencionais e autocondicionantes, após armazenamento de 24 horas e 6 meses em ambiente úmido. Os resultados obtidos fornecem insights importantes para a prática clínica e o desenvolvimento de abordagens mais eficazes em restaurações dentárias com materiais adesivos estéticos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Dentro do escopo deste estudo, foram empregados materiais específicos para a realização do estudo odontológico proposto. Foram utilizados os seguintes materiais: cimento ionômero de vidro modificado por resina RIVA LIGHT CURE (SDI, Austrália); a resina composta microhíbrida Filtek™ Z100 (3M ESPE, St Paul, EUA); o ácido fosfórico Ultra-Etch™ (Ultradent Products, Inc., South Jordan, EUA), fundamental para o processo de condicionamento ácido; além de três tipos de adesivos odontológicos de diferentes composições: Scotchbond™ Universal Plus, Adper™ Single Bond 2, Adesivo Adper™ Scotchbond™, ambos da 3M ESPE (St Paul, EUA). No que se refere aos processos de polimerização, foi utilizado o fotopolimerizador VALO™ (ULTRADENT, EUA), operando no modo Standard 1000mW/cm<sup>2</sup>. O cimento ionômero de vidro modificado por resina composta, RIVA (SDI, Austrália), foi manipulado no aparelho amalgamador Ultramat 2 (SDI Limited, Bayswater, Austrália) e cuidadosamente inserido nos moldes de resina acrílica autopolimerizável JET – pó e líquido (Clássico, Brasil) com aplicador RIVA (SDI, Austrália). Subsequentemente, os incrementos de resina foram inseridos nos moldes de poliuretano (Elástico Separador Anel, MORELLI, Brasil) de 4mm de diâmetro, seguindo os protocolos técnicos estabelecidos para o procedimento.

Esta pesquisa de natureza *in vitro* foi conduzida utilizando um total de 360 corpos de prova para a condição experimental. Para a confecção dos corpos de prova, foram utilizados moldes bipartidos de Policloreto de Polivinila (PVC), com dimensões de 10 mm de diâmetro por 1,5 mm de espessura. Estes moldes foram cuidadosamente preenchidos com resina acrílica autopolimerizável Jet e criado um espaço específico destinado à acomodação do cimento ionômero de vidro (CIV) modificado por resina com broca maxicut. Os preparos dos corpos de prova seguiram um processo meticuloso, assegurando a precisão das medidas e a uniformidade das amostras. Por meio da inserção controlada da resina acrílica nos moldes, foi criado um

compartimento estrutural que permitiu a posterior introdução do CIV modificado por resina, garantindo condições ideais para a realização das análises propostas neste estudo.

O procedimento para manipulação do cimento ionômero de vidro RIVA seguiu estritamente as diretrizes estabelecidas pelo fabricante. Após ser submetido ao aparelho amalgamador Ultramat 2 durante 10 segundos, o conteúdo da cápsula é cuidadosamente inserido no molde, utilizando o aplicador RIVA. Essa abordagem visou garantir um acesso preciso e reduzir a probabilidade de formação de bolhas internas. Em seguida, a polimerização foi realizada com o fotopolimerizador VALO, operando no modo Standard com intensidade de  $1000\text{mW}/\text{cm}^2$ , durante 20 segundos, junto à tira de poliéster (K-DENT, Brasil) para padronizar superfície do CIV.

Após um período de uma semana, todos os discos de cimento ionômero de vidro passaram por um desgaste superficial padronizado utilizando discos de lixa de carbetto de silício com granulação 400 e 600. Esse procedimento visou criar uma superfície uniforme e nivelada nos discos. O processo de lixamento foi realizado manualmente por um único operador, durante um minuto, garantindo consistência nos resultados. Em seguida, os discos foram divididos em diferentes condicionamentos de acordo com o tratamento proposto para a superfície do cimento ionômero de vidro. Estes receberam ou não o condicionamento com ácido fosfórico 37% Ultra-Etch™, por um período de 15 segundos, seguido por enxágue, secagem e aplicação do respectivo sistema adesivo (Figura 4). A ativação do adesivo foi feita com o fotopolimerizador VALO no modo Standard com intensidade de  $1000\text{mW}/\text{cm}^2$ , durante 20 segundos. As variáveis independentes foram representadas pelos diferentes sistemas adesivos utilizados: Scotchbond™ Universal Plus, Adper™ Single Bond 2, Adesivo Adper™ Scotchbond™ (todos 3M™), bem como pelo condicionamento com ácido fosfórico 37% (com ou sem). Este estudo envolveu 360 corpos de prova, os quais foram preparados e aleatoriamente distribuídos entre os seis diferentes condicionamentos mencionados anteriormente (Figura 1).



**Figura 1. Distribuição dos condicionamentos**

Em seguida, foram inseridos incrementos da resina composta microhíbrida Z100 sobre a camada de CIV RIVA, utilizando moldes de poliuretano 4mm de diâmetro (Elástico Separador Anel – MORELLI). Estes moldes desempenharam um papel fundamental na padronização e modelagem dos incrementos da resina composta, os quais foram fotopolimerizados por um período de 20 segundos. Após a completa polimerização, os elásticos foram removidos, proporcionando a forma desejada à resina composta e assegurando a consistência no processo de aplicação (Figura 2).



**Figura 2. (A) incrementos de resina sobre molde de poliuretano 4mm; (B) após polimerização e remoção do elástico obtivemos a padronização dos incrementos**

Os corpos de prova aderidos foram cuidadosamente armazenados em um recipiente em condições de umidade controlada, mantendo um ambiente com 100% de umidade relativa, utilizando água destilada. Após o período de 24 horas, metade dos grupos (grupos 1 a 6) foram submetidos ao ensaio de resistência ao cisalhamento. Enquanto isso, a outra metade dos grupos (grupos 7 a 12) foi mantida em água destilada por 6 meses a 37°C e trocada semanalmente, sendo eles:

- **Grupo 1:** CIV RIVA com pré-condicionamento utilizando ácido fosfórico 37% Ultra-Etch™ e Scotchbond™ Universal Plus 3M™ (n=30);
- **Grupo 2:** CIV RIVA com Scotchbond™ Universal Plus 3M™ (n=30);
- **Grupo 3:** CIV RIVA com pré-condicionamento utilizando ácido fosfórico 37% Ultra-Etch™ e Adper™ Single Bond 2 3M™ (n=30);
- **Grupo 4:** CIV RIVA com Adper™ Single Bond 2 3M™ (n=30);
- **Grupo 5:** CIV RIVA com pré-condicionamento utilizando ácido fosfórico 37% Ultra-Etch™ e Adesivo Adper™ Scotchbond™ 3M™ (n=30);
- **Grupo 6:** CIV RIVA com Adesivo Adper™ Scotchbond™ 3M™ (n=30);
- **Grupo 7:** CIV RIVA com pré-condicionamento utilizando ácido fosfórico 37% Ultra-Etch™ e Scotchbond™ Universal Plus 3M™ (n=30),
- **Grupo 8:** CIV RIVA com Scotchbond™ Universal Plus 3M™ (n=30);
- **Grupo 9:** CIV RIVA com pré-condicionamento utilizando ácido fosfórico 37% Ultra-Etch™ e Adper™ Single Bond 2 3M™ (n=30);
- **Grupo 10:** CIV RIVA com Adper™ Single Bond 2 3M™ (n=30);
- **Grupo 11:** CIV RIVA com pré-condicionamento utilizando ácido fosfórico 37% Ultra-Etch™ e Adesivo Adper™ Scotchbond™ 3M™ (n=30);
- **Grupo 12:** CIV RIVA com Adesivo Adper™ Scotchbond™ 3M™ (n=30);

Após os períodos de 24 horas e 6 meses, cada bloco de PVC foi fixado na máquina de ensaio universal (Emic 500, Brasil), equipada com uma célula de carga de 500 Newtons, para a realização do teste de cisalhamento na interface entre o CIV modificado por resina composta e a resina composta. Estes testes foram conduzidos por dois operadores, no Laboratório de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, utilizando os equipamentos e recursos disponíveis para análise e avaliação das propriedades de adesão dos materiais em estudo. Dos 360 corpos de prova de resina composta utilizados, apenas 12 foram perdidos durante o estudo. Entre estes, três foram devido a erros do operador durante a manipulação da máquina, enquanto os nove restantes foram encontrados soltos no recipiente de armazenamento das amostras de 6 meses. Embora a porcentagem de perda tenha sido relativamente baixa, os três casos resultantes de erro operacional não foram incluídos como valores zero na análise estatística (foram posteriormente repostos), enquanto os nove casos foram considerados como valores zero para fins dessa análise.

Após a realização do teste de resistência à força de cisalhamento, os espécimes foram examinados utilizando o microscópio SteREO Discovery.V8 (Carl Zeiss, Oberkochen, Alemanha) em magnificação 3,2x, para analisar os padrões resultantes de fratura. Esta análise foi conduzida por dois operadores simultaneamente, buscando um consenso sobre o tipo de fratura observada em microscopia óptica. Assim, foi permitido a classificação dos padrões de fratura em três categorias distintas: adesiva (indicando falha na interface da resina composta), coesiva (apontando falha no CIV modificado por resina composta) ou mista (representando uma falha parcialmente adesiva e coesiva).

## RESULTADOS

Após a verificação da normalidade dos dados, estes foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) de três critérios, seguida pelo teste *post hoc* de Tukey para comparações múltiplas entre grupos. Os resultados obtidos foram compilados e apresentados na Tabela 1, exibindo os resultados da ANOVA de três critérios juntamente com os valores de interação correspondentes entre as variáveis.

**Tabela 1. Análise de variância 3 critérios**

	Soma de Quadrados	gl	Quadrado médio	F	p
Adesivo	552.09	2	276.05	10.1915	< .001
Ácido	2.08	1	2.08	0.0767	0.782
Envelhecimento	123.68	1	123.68	4.5664	0.033
Adesivo * Ácido	182.71	2	91.36	3.3728	0.035
Adesivo * Envelhecimento	194.25	2	97.12	3.5858	0.029
Ácido * Envelhecimento	2.96	1	2.96	0.1092	0.741
Adesivo * Ácido * Envelhecimento	169.55	2	84.77	3.1298	0.045
Resíduos	9425.83	348	27.09		

gl – graus de liberdade.

Na Tabela 2, são apresentados os valores de resistência ao cisalhamento após 24 horas. Nesta tabela, encontram-se os dados referentes aos cimentos de ionômero de vidro modificado por resina composta submetidos ao condicionamento com ácido fosfórico e sem esse tratamento. Quando aplicado o ácido fosfórico sobre o cimento de ionômero de vidro modificado por resina composta, o adesivo Scotchbond™ Universal Plus 3M™ demonstrou o melhor desempenho, diferenciando-se significativamente dos demais grupos. Por outro lado, na ausência desse condicionamento, os adesivos exibiram resistência ao cisalhamento semelhante.

**Tabela 2. Valores em MPa e desvio padrão dos grupos testados no período de 24 horas (grupos condicionados ou não com o ácido fosfórico)**

	Universal 24 h	Single Bond 2 24 h	Scotch Bond MP 24 h
Condicionamento ácido	13.2 (6.07) <sup>Aa</sup>	8.06 (5.21) <sup>Ba</sup>	6.60 (4.07) <sup>Ba</sup>
Sem ácido	10.07 (5.47) <sup>Aa</sup>	9.19 (4.63) <sup>Aa</sup>	7.87 (4.66) <sup>Aa</sup>

Teste de Tukey aplicado após análise de variância 3 critérios. Letras maiúsculas diferentes em linha indicam diferenças estatisticamente significantes pelo teste Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras minúsculas diferentes em coluna indicam diferenças estatisticamente significantes pelo teste Tukey ( $p < 0.05$ ).

Após o período de envelhecimento de 6 meses em água destilada (Tabela 3), observou-se a inexistência de diferenças estatisticamente significativas entre as condições experimentais. Os valores obtidos se assemelham tanto em relação ao tipo de adesivo quanto ao tratamento aplicado ao cimento de ionômero de vidro modificado por resina composta nos corpos de prova armazenados durante esse período.

**Tabela 3. Valores em MPa e desvio padrão dos grupos testados no período de 6 meses (grupos condicionados ou não com o ácido fosfórico)**

	Universal 6 meses	Single Bond 2 6 meses	Scotch Bond MP 6 meses
Condicionamento ácido	8.67 (4.26) <sup>Aa</sup>	9.00 (5.77) <sup>Aa</sup>	6.13 (5.03) <sup>Aa</sup>
Sem ácido	8.97 (5.33) <sup>Aa</sup>	6.67 (4.48) <sup>Aa</sup>	9.31 (6.62) <sup>Aa</sup>

Teste de Tukey aplicado após análise de variância 3 critérios. Letras maiúsculas diferentes em linha indicam diferenças estatisticamente significantes pelo teste Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras minúsculas diferentes em coluna indicam diferenças estatisticamente significantes pelo teste Tukey ( $p < 0.05$ ).

As Tabelas 4 e 5 foram elaboradas para evidenciar as comparações entre os grupos após o período de envelhecimento. Na Tabela 4, observa-se que o adesivo Scotchbond™ Universal Plus 3M™ apresentou uma redução nos valores de resistência ao cisalhamento (de 13.2 para 8.67) após o envelhecimento artificial, especificamente quando a técnica de condicionamento ácido foi empregada.

**Tabela 4. Com condicionamento ácido nos dois períodos de teste (24 horas e 6 meses)**

	<b>Universal</b>	<b>Single Bond 2</b>	<b>Scotch Bond MP</b>
24 horas	13.2 (6.07) <sup>Aa</sup>	8.06 (5.21) <sup>Ba</sup>	6.60 (4.07) <sup>Ba</sup>
6 meses	8.67 (4,26) <sup>Ab</sup>	9.00 (5.77) <sup>Aa</sup>	6.13 (5.03) <sup>Aa</sup>

Teste de Tukey aplicado após análise de variância 3 critérios. Letras maiúsculas diferentes em linha indicam diferenças estatisticamente significantes pelo teste Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras minúsculas diferentes em coluna indicam diferenças estatisticamente significantes pelo teste Tukey ( $p < 0.05$ ).

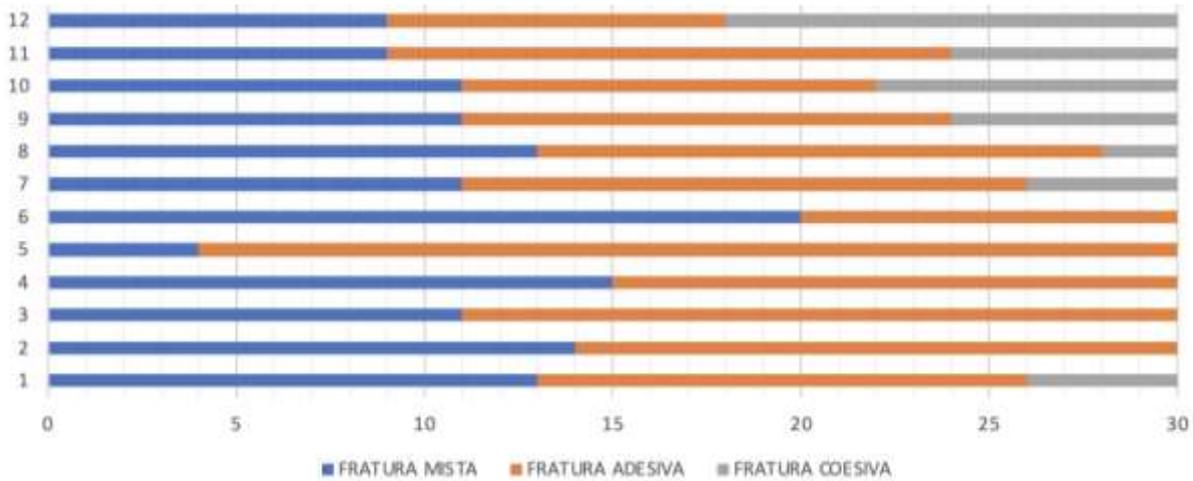
Por outro lado, os demais materiais mantiveram valores consistentes após o período de armazenamento. Esta observação, no entanto, não se repetiu quando a superfície do ionômero não foi tratada com o ácido fosfórico (tabela 5). Quando não foi submetido à aplicação do ácido, todos os grupos foram considerados estatisticamente semelhantes, inclusive após o envelhecimento artificial.

**Tabela 5. Sem condicionamento ácido nos dois períodos de teste (24 horas e 6 meses)**

	<b>Universal</b>	<b>Single Bond 2</b>	<b>Scotch Bond MP</b>
24 horas	10.07 (5.47) <sup>Aa</sup>	9.19 (4.63) <sup>Aa</sup>	7.87 (4.66) <sup>Aa</sup>
6 meses	8.97 (5.33) <sup>Aa</sup>	6.67 (4.48) <sup>Aa</sup>	9.31 (6.62) <sup>Aa</sup>

Teste de Tukey aplicado após análise de variância 3 critérios. Letras maiúsculas diferentes em linha indicam diferenças estatisticamente significantes pelo teste Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras minúsculas diferentes em coluna indicam diferenças estatisticamente significantes pelo teste Tukey ( $p < 0.05$ ).

Após a realização do teste de resistência à força de cisalhamento, os espécimes foram minuciosamente examinados utilizando o microscópio SteREO Discovery.V8 (Carl Zeiss, Oberkochen, Alemanha), para analisar os padrões resultantes de fratura. Esta análise foi conduzida por dois operadores, buscando uma conclusão mais abrangente e consistente, permitindo a classificação dos padrões de fratura em três categorias distintas: adesiva (indicando falha na interface da resina composta), coesiva (apontando falha no CIV) ou mista (representando uma falha parcialmente adesiva e coesiva), representado na figura 3.



### Figura 3. Análise do padrão de fratura dos grupos

Legenda: Classificação dos padrões de fratura em três categorias distintas: adesiva (indicando falha na interface da resina composta), coesiva (apontando falha no CIV) ou mista (representando uma falha parcialmente adesiva e coesiva). Sendo os grupos 1-6 com armazenamento 24 horas e grupos 7-12 com armazenamento de 6 meses.

É observado que há uma predominância de fraturas mistas e adesivas no início do estudo com armazenamento por 24 horas. Após o armazenamento por seis meses, as fraturas do tipo coesivas emergem com maior frequência (Figura 3, grupos 7 a 12), ainda que não alcancem predominância, como mostrado no gráfico da figura 3.



### Figura 4. Imagens em microscopia óptica dos 3 padrões de fratura encontrados

Legenda: A Imagem “A” mostra o padrão de fratura classificado como adesiva. O asterisco (\*) indica a superfície de CIV exposta após o deslocamento do corpo de prova de resina composta. A imagem “B” mostra o tipo de fratura classificado como coesiva em CIV, o asterisco simples (\*) e composto (\*\*) mostra os dois lados da fratura com formato de cunha do CIV. A imagem em C mostra a fratura considerada como mista com a presença de pedaço de resina composta (seta) e a superfície do CIV.

## DISCUSSÃO

Em resposta à demanda por tratamentos estéticos, técnicas restauradoras alternativas, como a técnica sanduíche, têm sido propostas para superar desafios como a contração de polimerização da resina composta. Esta abordagem envolve a aplicação de cimento ionômero de vidro (CIV) antes da resina composta, minimizando assim o uso desta última em cavidades a serem restauradas pelo método direto<sup>1,2</sup>.

Usar o CIV antes da restauração de resina composta emerge como uma alternativa para melhorar o sucesso clínico. Isso se deve ao fato de que o CIV possui propriedades que se assemelham à estrutura dental, como um baixo coeficiente de expansão térmica semelhante ao da dentina, capacidade de união química ao esmalte e dentina mesmo em condições úmidas, biocompatibilidade e ação anticariogênica devido à liberação de flúor<sup>5-7</sup>. De acordo com Pascotto *et al.*<sup>14</sup>, materiais que acompanham a flexão do dente, como o CIV, reduzem a transferência de tensão para a estrutura dentária durante a flexão. Além disso, o CIV possui um coeficiente de expansão térmico semelhante ao da dentina, o que melhora a resistência à tração e, conseqüentemente, a adesão entre o CIV e a resina composta<sup>15</sup>. Apesar disso, a resistência de união entre o CIV e a dentina é de apenas 25% da resistência da resina composta<sup>6</sup>. Em situações de cargas oblíquas a tensão gerada na interface da restauração com CIV é ainda maior e é determinante para as altas taxas de falha observada clinicamente em restaurações de classe V<sup>16</sup>.

Embora o uso do ácido fosfórico 37% na técnica sanduíche suscite dúvidas entre muitos cirurgiões-dentistas, as causas de possíveis falhas ainda não estão completamente esclarecidas. Acredita-se que o processo de lavagem do ácido fosfórico possa alterar as propriedades físicas do cimento ionômero de vidro (CIV), quebrando cadeias de poliácrlato de cálcio<sup>1,10</sup>. No entanto, em nossa análise, usar ou não o ácido fosfórico não demonstrou diferenças estatisticamente significativas na resistência ao cisalhamento (Tabelas 2 e 3) independente do

tempo de avaliação (24 ou 6 meses de armazenamento). O mesmo resultado foi encontrado anteriormente por Sadr *et al.*<sup>17</sup>. Em contrapartida, Farshidfar *et al.*<sup>18</sup> concluiu que o ataque ácido pode melhorar esta união quando comparado com nenhum ataque.

No presente estudo foi observado que o adesivo Scotchbond™ Universal Plus apresentou redução estatisticamente significativa dos valores de resistência ao cisalhamento (de 13.2 para 8.67) após o envelhecimento quando o condicionamento ácido foi empregado. Isso não se repetiu quando a superfície do ionômero não foi tratada com o ácido fosfórico 37%. Nesses casos, observou-se uma redução nas falhas adesivas, ao passo que as falhas coesivas apresentaram aumento nos grupos submetidos ao processo de envelhecimento (figura 3). Especula-se que o aumento de falhas coesivas no CIV pode ser proveniente do próprio envelhecimento e degradação hidrolítica do material. Logo, infere-se que a união CIV/resina resistiu mais ao esforço de cisalhamento do que a estrutura interna do CIV. Isso constitui uma das limitações da metodologia de mensuração da resistência de união por esforço de cisalhamento, algo que poderia se repetir se o esforço fosse de tração ou de compressão, pois a união dos materiais não foi devidamente testada em decorrência da falha de um dos lados da adesão.

Apesar de encontrarmos notável resistência ao cisalhamento com o adesivo autocondicionante Scotchbond™ Universal Plus após o pré-condicionamento com ácido fosfórico a 37% em comparação com outros adesivos submetidos ao mesmo pré-condicionamento, não houve diferença significativa quando o CIV foi utilizado com o adesivo Scotchbond™ Universal Plus, independentemente do pré-condicionamento com ácido fosfórico 37%. Esse sistema adesivo contém o monômero 10-MDP, reconhecido pela sua capacidade de estabelecer uma ligação química com os íons de cálcio do CIV, formando um composto estável de fosfato de cálcio que possui efeito desmineralizante superficial. Todavia, especula-se que a camada de adesivo criada seja mais ácida do que os demais adesivos. O meio

hipertônico criado pode ter permitido a maior absorção de água na região, contribuindo para a redução dos valores de resistência ao cisalhamento.

Trabalhos *in vitro* futuros poderiam considerar a inclusão de outras metodologias de tratamento mecânico sobre o CIV modificado por resina composta que não dependessem do uso de ácidos. Um exemplo disso é o jateamento com óxido de alumínio prévio ao condicionamento ácido para criar uma superfície mais rugosa e investigar melhor seu efeito, ou não, no processo de adesão. Clinicamente, a perda progressiva da adesão ao longo do tempo pode ser influenciada por diversos fatores, como má oclusão e hiperfunção. Nesses casos, os dentes experimentam uma flexão excessiva, o que contribui para a diminuição da adesão entre a dentina e a restauração. Essas forças oclusais podem resultar na formação de lacunas nas margens da restauração, e é importante não subestimar o impacto dessas cargas, conforme mencionado por Francisconi *et al.*<sup>19</sup>. Dessa forma, é crucial considerar que os resultados do presente estudo devem ser interpretados com cautela, baseado em suas limitações, pois não reproduzem completamente a complexidade da estrutura dental real e na composição salivar. Além disso, diversos fatores, alguns já mencionados, podem contribuir para a falha clínica, como: o estresse dinâmico repetido exercido sobre a restauração, tensões e variações térmicas, hábitos parafuncionais e escolhas alimentares inadequadas.

## **CONCLUSÃO**

Dentro das limitações do estudo, foi possível concluir que, depois do armazenamento, houve redução dos valores de resistência ao cisalhamento para o grupo que usou o adesivo Universal quando o ácido fosfórico foi usado. Os demais grupos não apresentaram redução dos valores, independente da aplicação do ácido fosfórico sobre o CIV modificado por resina composta. Após 6 meses de armazenamento, houve aumento do número de fraturas coesivas.

**REFERENCIAS**

1. Becci AC de O, Benetti M de S, Domingues NB, Giro EMA. Bond strength of a composite resin to glass ionomer cements using different adhesive systems. *Revista de Odontologia da UNESP*. 2017;46:214-219. doi:<https://doi.org/10.1590/1807-2577.01717>.
2. Munari LS, Antunes ANG, Monteiro DDH, Moreira AN, Alvim HH, Magalhães CS. Microtensile bond strength of composite resin and glass ionomer cement with total-etching or self-etching universal adhesive. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 2018;82:36-40. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2017.12.013>.
3. Manihani AKDS, Mulay S, Beri L, Shetty R, Gulati S, Dalsania R. Effect of total-etch and self-etch adhesives on the bond strength of composite to glass-ionomer cement/resin-modified glass-ionomer cement in the sandwich technique – A systematic review. *Dental research journal*. 2021;18(1):72-72. doi:<https://doi.org/10.4103/1735-3327.326645>
4. Babannavar R, Shenoy A. Evaluation of shear bond strength of silorane resin to conventional, resin-modified glass ionomers and nano-ionomer cements. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*. 2013;5(4):295-300. doi:<https://doi.org/10.1111/jicd.12024>.
5. Pamir T, Şen BH, Evcin Ö. Effects of etching and adhesive applications on the bond strength between composite resin and glass-ionomer cements. *Journal of Applied Oral Science*. 2012;20(6):636-642. doi:<https://doi.org/10.1590/s1678-77572012000600008>.
6. Davidson CL. Advances in glass-ionomer cements. *Journal of Applied Oral Science*. 2006;14(SPE):3-9. doi:<https://doi.org/10.1590/S1678-77572006000700002>.
7. Sato H, Matsuki Y, Noboru Kajimoto, *et al*. Effects of water immersion on shear bond strength reduction after current application of resin-modified glass-ionomer-cements with and without an ionic liquid. *Dental Materials Journal*. 2021;40(1):35-43. doi:<https://doi.org/10.4012/dmj.2019-371>.

8. Almira H. The Effect of Magnesium Oxide Nanoparticles on the Setting Time and Properties of Glass-Ionomer Cement . Herda E, Sunarso S, eds. *Journal of International Dental and Medical Research*. 2023;16(3):1014-1021.
9. Rai N, Naik R, Gupta R, Shetty S, Singh A. Evaluating the effect of different conditioning agents on the shear bond strength of resin-modified glass ionomers. *Contemporary Clinical Dentistry*. 2017;8(4):604. doi:[https://doi.org/10.4103/ccd.ccd\\_631\\_17](https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_631_17).
10. Gopikrishna V, Abarajithan M, Krithikadatta J, Kandaswamy D. Shear Bond Strength Evaluation of Resin Composite Bonded to GIC Using Three Different Adhesives. *Operative Dentistry*. 2009;34(4):467-471. doi:<https://doi.org/10.2341/08-009-1>.
11. Van de Sande FH, Da Rosa Rodolpho PA, Basso GR, *et al*. 18-year survival of posterior composite resin restorations with and without glass ionomer cement as base. *Dental Materials*. 2015;31(6):669-675. doi:<https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.03.006>.
12. Arora V, Kundabala M, Parolia A, Thomas MS, Pai V. Comparison of the shear bond strength of RMGIC to a resin composite using different adhesive systems: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*. 2010;13(2):80. doi:<https://doi.org/10.4103/0972-0707.66716>
13. Armstrong S, Geraldeli S, Maia R, Raposo LHA, Soares CJ, Yamagawa J. Adhesion to tooth structure: A critical review of “micro” bond strength test methods. *Dental Materials*. 2010;26(2):e50-e62. doi:<https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.155>.
14. Pascotto RC, Navarro MF de L. Aplicações clínicas dos cimentos de ionômero de vidro. In: *Programa Oficial E Anais. ABO-PR*; 1998.
15. Mount GJ. The tensile strength of the union between various glass ionomer cements and various composite resins. *Australian Dental Journal*. 1989;34(2):136-146. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.1989.tb04623.x>

16. Ichim I, Schmidlin PR, Kieser JA, Swain MV. Mechanical evaluation of cervical glass-ionomer restorations: 3D finite element study. *Journal of Dentistry*. 2007;35(1):28-35. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2006.04.003>
17. Sadr A, Ghasemi A, Shimada Y, Tagami J. Effects of storage time and temperature on the properties of two self-etching systems. *Journal of Dentistry*. 2007;35(3):218-225. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2006.08.004>
18. Farshidfar N, Agharokh M, Ferooz M, Bagheri R. Microtensile bond strength of glass ionomer cements to a resin composite using universal bonding agents with and without acid etching. *Heliyon*. 2022;8(2):e08858-e08858. doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08858>
19. Francisconi LF, Graeff MSZ, de Moura Martins L, *et al*. The Effects of Occlusal Loading on the Margins of Cervical Restorations. *The Journal of the American Dental Association*. 2009;140(10):1275-1282. doi:<https://doi.org/10.14219/jada.archive.2009.0051>.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o desenvolvimento do estudo *in vitro* e da revisão da literatura a respeito dos assuntos envolvidos, algumas considerações podem ser assumidas:

- a) comportamento do CIV e adesivos: O Cimento de Ionômero de Vidro (CIV) tem propriedades vantajosas ao acompanhar a flexão do dente, reduzindo a transferência de tensão para a estrutura dentária. Apesar de possuir resistência à tração menor em relação à resina composta, possui um coeficiente de expansão térmica semelhante à dentina;
- b) influência do ácido fosfórico e do envelhecimento: O uso do ácido fosfórico 37% na técnica sanduíche e o envelhecimento afetam a resistência ao cisalhamento em algumas situações bem específicas. O ácido pode alterar as propriedades do CIV, enquanto o envelhecimento reduz a resistência ao cisalhamento em alguns casos, especialmente quando associado ao ácido;
- c) desafios e limitações do estudo: A análise ressalta limitações, como a falta de representatividade de alguns fatores clínicos e a complexidade da estrutura dental real. Não houve, por exemplo, envolvimento de fatores críticos como carga oclusal;
- d) perspectivas para estudos futuros: Sugere-se a inclusão de métodos adicionais, como o jateamento prévio ao condicionamento ácido, para explorar melhor os efeitos na adesão, bem como a investigação de outras variáveis pouco exploradas na literatura como tempo de armazenamento maiores.

## REFERÊNCIAS

- ALMIRA, H. The Effect of Magnesium Oxide Nanoparticles on the Setting Time and Properties of Glass-Ionomer Cement. **Journal of International Dental and Medical Research**, v. 16, n. 3, p. 1014–1021, Sept. 2023.
- ARMSTRONG, S. *et al.* Adhesion to tooth structure: A critical review of “micro” bond strength test methods. **Dental Materials**, v. 26, n. 2, p. e50–e62, Feb. 2010.
- ARORA, V. *et al.* Comparison of the shear bond strength of RMGIC to a resin composite using different adhesive systems: An in vitro study. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 13, n. 2, p. 80, 2010.
- BABANNAVAR, R.; SHENOY, A. Evaluation of shear bond strength of silorane resin to conventional, resin-modified glass ionomers and nano-ionomer cements. **Journal of Investigative and Clinical Dentistry**, v. 5, n. 4, p. 295–300, 25 Jan. 2013.
- BECCI, A. C. DE O. *et al.* Bond strength of a composite resin to glass ionomer cements using different adhesive systems. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 46, p. 214–219, Aug. 2017.
- DAVIDSON, C. L. Advances in glass-ionomer cements. **Journal of Applied Oral Science**, v. 14, n. SPE, p. 3–9, 2006.
- FARSHIDFAR, N. *et al.* Microtensile bond strength of glass ionomer cements to a resin composite using universal bonding agents with and without acid etching. **Heliyon**, v. 8, n. 2, p. e08858–e08858, Feb. 2022.
- FRANCISCONI, L. F. *et al.* The Effects of Occlusal Loading on the Margins of Cervical Restorations. **The Journal of the American Dental Association**, v. 140, n. 10, p. 1275–1282, Oct. 2009.
- FRANCOIS, P. *et al.* Shear bond strength and interface analysis between a resin composite and a recent high-viscous glass ionomer cement bonded with various adhesive systems. **Clinical Oral Investigations**, v. 23, n. 6, p. 2599–2608, Oct. 2018.
- GOPIKRISHNA, V. *et al.* Shear Bond Strength Evaluation of Resin Composite Bonded to GIC Using Three Different Adhesives. **Operative Dentistry**, v. 34, n. 4, p. 467–471, July 2009.
- ICHIM, I. *et al.* Mechanical evaluation of cervical glass-ionomer restorations: 3D finite element study. **Journal of Dentistry**, v. 35, n. 1, p. 28–35, Jan. 2007.
- MANIHANI, A. K. D. S. *et al.* Effect of total-etch and self-etch adhesives on the bond strength of composite to glass-ionomer cement/resin-modified glass-ionomer cement in the sandwich technique – A systematic review. **Dental Research Journal**, v. 18, n. 1, p. 72–72, Jan. 2021.

MOUNT, G. J. The tensile strength of the union between various glass ionomer cements and various composite resins. **Australian Dental Journal**, v. 34, n. 2, p. 136-146, Apr. 1989.

MUNARI, L. S. *et al.* Microtensile bond strength of composite resin and glass ionomer cement with total-etching or self-etching universal adhesive. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 82, p. 36-40, Apr. 2018.

PAMIR, T.; ŞEN, B. H.; EVCIN, Ö. Effects of etching and adhesive applications on the bond strength between composite resin and glass-ionomer cements. **Journal of Applied Oral Science**, v. 20, n. 6, p. 636–642, dez. 2012.

PASCOTTO, R. C.; NAVARRO, M. F. DE L. **Aplicações clínicas dos cimentos de ionômero de vidro**. Programa oficial e anais. **Anais**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ODONTOLOGIA DE PONTA GROSSA/. Ponta Grossa: ABO-PR, 1998.

PLACIDO, E. *et al.* Shear versus micro-shear bond strength test: A finite element stress analysis. **Dental Materials**, v. 23, n. 9, p. 1086-1092, Sept. 2007.

RAI, N. *et al.* Evaluating the effect of different conditioning agents on the shear bond strength of resin-modified glass ionomers. **Contemporary Clinical Dentistry**, v. 8, n. 4, p. 604, 2017.

RAO, K. S. *et al.* Comparison of Shear Bond Strength of Resin Reinforced Chemical Cure Glass Ionomer, Conventional Chemical Cure Glass Ionomer and Chemical Cure Composite Resin in Direct Bonding Systems: An in vitro Study. **The Journal of Contemporary Dental Practice**, v. 14, n. 1, p. 21-25, 2013.

SADR, A. *et al.* Effects of storage time and temperature on the properties of two self-etching systems. **Journal of Dentistry**, v. 35, n. 3, p. 218-225, 1 Mar. 2007.

SATO, H. *et al.* Effects of water immersion on shear bond strength reduction after current application of resin-modified glass-ionomer-cements with and without an ionic liquid. **Dental Materials Journal**, v. 40, n. 1, p. 35-43, 25 Jan. 2021.

VAN DE SANDE, F. H. *et al.* 18-year survival of posterior composite resin restorations with and without glass ionomer cement as base. **Dental Materials**, v. 31, n. 6, p. 669–675, June 2015.

VAN MEERBEEK, B. *et al.* State of the art of self-etch adhesives. **Dental Materials**, v. 27, n. 1, p. 17-28, Jan. 2011.