

UNIVERSIDADE DE UBERABA

DANIELA SILVA

**RESISTÊNCIA DE UNIÃO ENTRE UMA CERÂMICA À BASE DE DI-SILICATO
DE LÍTIO E AGENTES DE CIMENTAÇÃO RESINOSOS COM DIFERENTES
PROTOCOLOS DE ADESÃO, ANTES E APÓS TERMOCICLAGEM**

UBERABA

2025

DANIELA SILVA

**RESISTÊNCIA DE UNIÃO ENTRE UMA CERÂMICA À BASE DE DI-SILICATO
DE LÍTIO E AGENTES DE CIMENTAÇÃO RESINOSOS COM DIFERENTES
PROTOCOLOS DE ADESÃO, ANTES E APÓS TERMOCICLAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Odontologia - Mestrado Acadêmico da
Universidade de Uberaba, como requisito para obtenção
do título de Mestre em Odontologia, na Área de
Concentração em Clínica Odontológica Integrada.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Antônio Borges

UBERABA

2025

Catalogação elaborada pelo Setor de Referência da Biblioteca Central UNIUBE

- S38r Silva, Daniela.
Resistência de união entre uma cerâmica à base de di-silicato de lítio e agentes de cimentação resinosos com diferentes protocolos de adesão, antes e após termociclagem / Daniela Silva. – Uberaba, 2025.
42 f. : il., color.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade de Uberaba. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Mestrado Acadêmico em Odontologia. Área de Concentração em Clínica Odontológica Integrada.
Orientador: Prof. Dr. Gilberto Antônio Borges.
1. Adesivos dentários. 2. Cerâmicas dentárias. 3. Cimentos dentários. 4. Odontologia. I. Borges, Gilberto Antônio. II. Universidade de Uberaba. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Mestrado Acadêmico em Odontologia. Área de Concentração em Clínica Odontológica Integrada. III. Título.

CDD 617.695

Tatiane da Silva Viana – Bibliotecária – CRB-6/3171

DANIELA SILVA

RESISTÊNCIA DE UNIÃO ENTRE UMA CERÂMICA A BASE DE DI-SILICATO DE
LÍTIO E
AGENTES DE CIMENTAÇÃO RESINOSOS COM DIFERENTES PROTOCOLOS DE ADESÃO,
ANTES E APÓS TERMOCICLAGEM

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia do Programa de PósGraduação em Odontologia - Mestrado da Universidade de Uberaba.

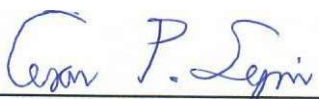
Área de concentração: Clínica Odontológica Integrada

Aprovado (a) em: 03/02/2025

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Gilberto Antônio Borges
Orientador
Universidade de Uberaba



Prof. Dr. Cesar Penazzo Lepri
Universidade de Uberaba



Prof. Dr. Paulo Henrique dos Santos
University of Toronto

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiro aos meus filhos Davi e Tiago. Como já disse diversas vezes, eu os sonhei exatamente como são e Deus me abençoou com a concretização deste sonho com todos os detalhes. Quero que um dia ao lerem este trabalho vejam o exemplo de uma mãe que superou o medo e se dedicou para que um dia entendessem que a educação, o trabalho e o caráter podem mudar a vida para melhor.

Dedico aos meus pais, meus eternos exemplos de amor e dedicação a família.

Dedico aos meus pacientes que ao se sentarem em minha cadeira odontológica me desafiam e me fazer dar o melhor. Vocês me ajudam a percorrer os caminhos da dúvida para então buscar fazer o que vocês merecem receber.

Dedico ao meu orientador Prof. Dr. Gilberto Antônio Borges que me incentivou e não me deixou desistir nos momentos de maior dificuldade. Professor esta vitória é nossa!

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao meu orientador Prof. Dr. Gilberto Antônio Borges, por todos os ensinamentos e conhecimentos compartilhados, desde a graduação. Por acreditar em mim, me dar força e me acompanhar e tanto auxiliar em meu aprendizado e prática clínica. Obrigada pela confiança depositada em mim, pela paciência durante toda essa trajetória e pelo apoio. Obrigada pela disponibilidade em me ajudar todas as vezes que precisei e pela grande oportunidade e até mesmo orgulho em ser orientada por um ser humano como você, o admiro muito como profissional e ser humano, aqui agradeço também a sua esposa a querida Dra. Valéria Ferro Borges pelo apoio, compreensão e ajuda durante este tempo. Minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

À Universidade de Uberaba (Uniube) pela contribuição em toda minha formação profissional até aqui, desde a graduação em Odontologia ao mestrado, através do Magnífico Reitor, Dr. Marcelo Palmério.

À Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão da Universidade de Uberaba, na pessoa do Pró-Reitor, Prof. Dr. André Luís Teixeira Fernandes.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001, pela concessão do apoio financeiro através da bolsa de mestrado e principalmente pela confiança na elaboração deste trabalho de dissertação.

Aos docentes, colegas e funcionários do Programa de Pós-graduação em Odontologia (PPGODO) da Uniube, em especial ao Coordenador Prof. Dr. Cesar Penazzo Lepri e a Secretária do Curso de Pós-graduação da Universidade de Uberaba, Flávia Michele da Silva, que sempre me atendeu com tanto amor, dedicação, competência e prontidão.

A Prof. Dra. Anália Gabriella Borges Ferraz Facury pelas explicações e ensinamentos no laboratório e por toda paciência em me ensinar cada detalhe da pesquisa.

Agradeço a minha mãe Maria que sempre acredita em mim e me incentiva a ir além, ela é para mim, cada dia mais, um exemplo de inteligência, dedicação e amor. Ao meu pai Jair que sente um orgulho em dizer que tem uma filha que é advogada e dentista, ele é sem dúvida, um fã de tudo que faço, e ele para mim é exemplo de simplicidade e amor. Obrigada de coração por tudo que fazem e já fizeram por mim, amo e amarei vocês eternamente e ainda depois...

Agradeço aos meus filhos, Davi e Tiago por serem minha fonte de inspiração e por entenderem a minha ausência. Todos os dias olho para eles e penso que preciso me superar, como mãe, como amiga, ser humano e como exemplo. Filhos obrigada por me escolherem para ser a mãe de vocês, eu os amo muito além do que um dia pude imaginar.

Agradeço aos meus familiares, amigos e em especial ao meu colega de profissão, amigo, irmão do coração e companheiro de estudos Bruno Leonardo Ribeiro Oliveira, sem você eu não teria conseguido. Você foi o sustento em momentos de dificuldade, foi colo, amparo e foi lar. Sou e serei grata por tudo que fez por mim.

Por último e mais importante, agradeço a Deus pela minha vida, saúde e força em todos os momentos. Por me sustentar em meio as lutas e vitórias.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência de união entre uma cerâmica e agentes de cimentação, utilizando diferentes tratamentos de superfície. Foram confeccionados cento e vinte amostras de cerâmica à base de di-silicato de lítio (7 x 5 x 0,5 mm) e divididos em dois grupos: Metade para cimentação com cimento resinoso (n=60) (Variolink Esthetic LC, na cor neutral) e outra metade (n=60) com resina composta aquecida (Z100 A1). As amostras foram subdivididas em grupos (n=20) conforme tratamento de superfície da cerâmica: Grupo 1 – ácido hidrofluorídrico (HF) 10% e silano (HF + Sil); Grupo 2 – HF 10% e adesivo universal (Single Bond Universal - 3M ESPE) (HF + Un) e Grupo 3 – HF 10%, silano e adesivo de esmalte (Optibond- KERR) (HF + Sil + Ad). Uma matriz de silicone por adição com 2 orifícios de 1mm de diâmetro e 1mm de altura foi posicionada sobre a superfície cerâmica. Os orifícios foram preenchidos com os agentes de cimentação citados acima e fotoativados com fonte de luz LED. Em seguida a matriz foi removida. Metade das amostras foram submetidas ao ensaio de resistência de união ao microcissalhamento após 24 horas, em máquina de ensaio (EMIC DL3000, São José dos Pinhais, PR) com velocidade de 1mm/min, com auxílio de um cinzel. A metade remanescente foi submetida ao ensaio de resistência de união, após 10.000 ciclos térmicos de 5° e 55° C. Os dados foram gerados em MPa e submetidos à análise estatística com teste de normalidade de Shapiro-Wilk, ANOVA 2 fatores, e post hoc de Tukey, $p \leq 0,05$. O grupo de resina composta aquecida e HF + Sil + Ad foi estatisticamente superior aos demais, mas não diferiu estatisticamente do grupo HF + Sil com resina composta. Os corpos de prova foram avaliados quanto ao modo de falha em microscópio óptico 40X. O modo de falha foi predominantemente adesivo com exceção do grupo de cimento resinoso e HF + Sil. Após a ciclagem térmica, apenas HF + Sil e HF + Sil + Ad para a resina composta apresentaram modos de falha mista. Os outros grupos exibiram predominantemente modos de falha adesiva. Não foram observados modos de falha coesiva na cerâmica ou no cimento. Com o presente estudo foi possível concluir que a resina composta aquecida, em conjunto com o ataque ácido hidrofluorídrico e o silano, melhora a fluidez, a adaptação e a resistência de união à cerâmica, mesmo após o envelhecimento. No entanto, são necessários mais estudos clínicos para validar sua eficácia e aprimorar os protocolos de adesão, garantindo maiores vantagens.

PALAVRAS-CHAVE: Adesivos Dentários; Cerâmica; Cimento Resinoso; Envelhecimento; Resistência de União; Silano.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the bond strength between a ceramic and luting agents using different ceramic surface treatments. One hundred and twenty samples of lithium disilicate-based ceramics (7 x 5 x 0.5mm) were made and divided into two groups: If were cemented with resin cement (n=60) (Variolink Esthetic LC, in neutral shade), and the other half (n=60) were cemented with heated composite resin (Z100 A1). The samples were further subdivided into three groups (n=20) according to the ceramic surface treatment: Group 1 – 10% hydrofluoric acid (HF) and silane (HF + Sil); Group 2 – 10% HF and universal adhesive (Single Bond Universal - 3M ESPE) (HF + Un); and Group 3 – 10% HF, silane, and enamel adhesive (Optibond - KERR) (HF + Sil + Ad). A silicone matrix with five holes, each measuring 1 mm in diameter and 1 mm in height, was placed on the ceramic surface. The holes were filled with the luting agents and light-cured using an LED light source. The matrix was then removed. Half of the specimens underwent micro-shear bond strength testing after 24 hours, using a testing machine (EMIC DL3000, São José dos Pinhais, PR) at a speed of 1 mm/min with the aid of a chisel. The remaining were tested after 10,000 thermal cycles at temperatures of 5°C and 55°C. The data, expressed in MPa, were analyzed statistically using the Shapiro-Wilk normality test, two-factor ANOVA, and Tukey's post hoc test ($p \leq 0.05$). The heated composite resin group treated with HF + Sil + Ad showed statistically superior results compared to the others, but it was not statistically different from the HF + Sil group with composite resin. The specimens were evaluated for failure mode under a 40x optical microscope. Adhesive failure was predominant, except for the resin cement group treated with HF + Sil. After thermal cycling, only the HF + Sil and HF + Sil + Ad groups for the composite resin exhibited mixed failure modes. The remaining groups predominantly exhibited adhesive failure modes. No cohesive failure modes in the ceramic or luting agents were observed in any group or test condition. The present study concluded that heated composite resin, in combination with hydrofluoric acid etching and silane, enhances fluidity, adaptation, and bond strength to ceramics, even after aging. However, further clinical studies are necessary to validate its effectiveness and refine adhesion protocols, ensuring greater benefits.

KEYWORDS: Aging, Bond Strength; Ceramics; Dental Adhesives; Resin Cement; Silane;

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	21
2.	OBJETIVO	24
2.1.	GERAL	24
2.2.	ESPECÍFICOS	24
3.	ARTIGO: Bond strength between glass-ceramic and resins material with different adhesion protocols, before and after thermocycling	25
3.1.	ABSTRACT	25
3.2.	INTRODUCTION	25
3.3.	MATERIALS AND METHODS	27
3.3.1.	Study Design	27
3.3.2.	Ceramic Specimens Preparation	27
3.3.3.	Surface Treatment for Cementation	28
3.3.4.	Cementation Procedure	28
3.3.5.	Microshear Bonding Test	29
3.3.6.	Determination of The Mode of Failure	30
3.3.8.	Statistical Analysis	30
3.4.	RESULTS	30
3.5.	DISCUSSION	32
3.6.	CONCLUSION	34
3.7.	REFERENCES	35
4.	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
	APÊNDICE - Metodologia	41

1. INTRODUÇÃO

A autoestima, valorizada na sociedade moderna, relaciona-se com a aparência física, especialmente ao sorriso e aos dentes. Nesse contexto, a odontologia estética transcende a saúde bucal, focando na estética. (BERSEZIO et al., 2018; ZAID et al., 2020).

O desejo por um sorriso harmonioso tem aumentado a busca por tratamentos como clareamento dental e aparelhos ortodônticos, combinando estética e saúde bucal (STOJILKOVIC et al., 2024; VERVACK et al., 2024). A odontologia estética, em particular, evoluiu significativamente com uma valorização crescente dos conceitos de qualidade de vida e bem-estar, amplamente difundidos desde o final do século XX. (FERREIRA et al., 2016).

O principal objetivo de todo tratamento estético odontológico é a obtenção de um sorriso harmônico, considerando que a beleza do sorriso estabelece a diferença que caracteriza o resultado estético agradável ou aceitável. Neste sentido, dois materiais são muito importantes e utilizados na Odontologia Estética que são as resinas compostas e as cerâmicas, sendo que as cerâmicas se destacam por serem mais estáveis quimicamente, degradarem muito menos e possuir maior longevidade (SANTOS et al., 2017; BERSEZIO et al., 2018;).

As cerâmicas odontológicas têm passado por uma evolução significativa ao longo dos anos, impulsionada pela busca contínua por materiais estéticos, duráveis e biocompatíveis para restaurações dentárias (SHI HY et al., 2022). Os primeiros passos no uso de cerâmica em odontologia ocorreram na década de 50, quando a cerâmica feldspática foi explorada como um material de revestimento para estruturas metálicas, mas ao longo dos anos a busca pela estética fez com que a estrutura metálica fosse cada dia menos usada. Com o passar do tempo surgiram as cerâmicas reforçadas. Todavia, o conhecimento sobre adesão era limitado e a aplicação das cerâmicas sem subestrutura metálica foi pouco difundida (GOMES et al., 2008). No ano de 1965, McLean e Hughes foram responsáveis pelo desenvolvimento pioneiro da primeira cerâmica odontológica aluminizada reforçada, que consistia na incorporação de 40% em peso de alumina à fase vítrea, produzida em um aumento da fase cristalina (LIU et al., 2024; NAJI; OMAR; YAHYA, 2018). Essas cerâmicas possuíam uma resistência à flexão duas vezes maior em comparação com as cerâmicas feldspáticas convencionais. Nesta mesma década em 1962, foi desenvolvida a resina composta, e em 1955 o condicionamento ácido do esmalte, o que trouxe então a possibilidade de adesão. Nos anos de 1980, mais precisamente em 1982 o estudo pioneiro do Prof. Nakabayashi na área de sistemas adesivos e as suas pesquisas e desenvolvimentos ajudaram a transformar a maneira como os dentistas lidam com restaurações

dentárias, que foi a descoberta da “camada híbrida” ou “camada híbrida de Nakabayashi”, que é um componente fundamental em sistemas adesivos usados em odontologia restauradora, a partir daí já se começa a falar em adesão à dentina (ALVES et al., 2021).

Apesar das facetas já terem sido usadas no final de 1920, por um dentista da Califórnia (Dr. Charles Picuns) que encontrou um método para melhorar o sorriso de algumas das estrelas de Hollywood. O sistema incluía uma capa de acrílico que se colocava sobre o dente natural, estas capas seriam apenas usadas durante a gravação das cenas e depois removidas, possuindo assim aproximadamente 100 anos, e ao longo desse período passaram por mudanças significativas. Desde algo com uma aparência artificial que se desprendia em algumas horas, até o progresso das lâminas dentárias se revela marcante no cenário da Odontologia, emergindo como uma das tecnologias estéticas mais impressionantes da era contemporânea. Mas, apesar disso só em 1983, Simonsen e Calamia fizeram um trabalho mostrando a adesão da Cerâmica Vítrea, que possui Dióxido de Silício ao silano, e a partir deste momento, já teríamos a adesão em esmalte, descoberta pelos japoneses. (GOMES et al., 2008; CADENARO et.al., 2023).

Os cimentos que surgiram após a descoberta das cerâmicas que visavam estética, foram os cimentos ativados quimicamente, os quais por possuírem uma amina terciária aromática que oxida com o tempo, leva à alteração de cor da restauração. Nessa perspectiva surgiram cimentos foto-ativados, sendo os de dupla ativação com os mesmos problemas causados pela amina terciária aromática. Por outro lado, os cimentos resinosos foto-ativados não se alteram de cor, se corretamente foto-ativados, e isso melhorou significativamente a segurança para a cimentação de restaurações estéticas. Mais recentemente começou-se a ser usada a resina composta aquecida, que tem demonstrado boa fluidez com o aquecimento, melhor escoamento, resultando em boa adaptação, o que comprovou que elas podem e devem ser utilizadas, no entanto, precisam ter cuidado mais especial com a fotoativação, desde a intensidade da luz até o aparelho que se usa. (OLIVEIRA et al., 2021).

Neste ponto de vista, vários aspectos são considerados, a união entre a cerâmica e o material de cimentação e entre o material de cimentação e o dente, as chamadas interfaces. Hoje existem vários protocolos de cimentação, sendo alguns baseados em aplicação de agente de união silano. Não obstante, há divergência sobre a necessidade ou não de aplicação de sistema adesivo, sobre o tipo de adesivo a ser empregado (VERVACK et al., 2024). Obviamente que os objetivos de qualquer protocolo de cimentação é a longevidade e o sucesso clínico da restauração. Nesse sentido, dada a considerável controvérsia na literatura, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência de união de uma cerâmica a base de di-silicato de Lítio sob

diferentes protocolos de tratamento superficial da cerâmica, aplicação de sistema adesivo, e agentes de cimentação. A hipótese nula é que não haveria diferença na resistência de união entre a cerâmica e os diferentes agentes de união testados, independentemente do tipo de tratamento de superfície ou envelhecimento.

2. OBJETIVO

2.1. GERAL

- Verificar a resistência de união de uma cerâmica a base de di-silicato de lítio com diferentes protocolos de adesão e agentes de cimentação.

2.2. ESPECÍFICOS

- Avaliar a resistência de união de um cimento resinoso foto-ativado, e da resina composta aquecida com a cerâmica a base de di-silicato de lítio.
- Avaliar a utilização de diferentes tratamentos superficiais da cerâmica, divididos em grupos utilizando ou não o Silano e utilizando adesivo de esmalte ou adesivo universal.
- Avaliar a resistência de união ao microcisalhamento após 24 horas da cimentação e após o envelhecimento térmico durante 10.000 ciclos com variação de 5° e 55°.
- Avaliar o modo de falha utilizando microscópio ótico de 40x, classificando em coesiva, mista ou adesiva.

3. ARTIGO: Bond strength between glass-ceramic and resins material with different adhesion protocols, before and after thermocycling

3.1. ABSTRACT

Objective: To evaluate the bond strength of lithium disilicate ceramic under various surface treatments, adhesive systems, and luting materials to determine optimal protocols for long-term success. Materials and Methods: Lithium disilicate ceramic specimens (7 x 5 x 0.5mm) were divided into groups based on surface treatment: Hydrofluoric Acid (HF): HF-silane, HF-Universal, and HF-silane-Bond, and luting agents: resin cement and preheated composite resin. Half of the specimens were tested after 24 hours, and the other half underwent thermocycling (10,000 cycles, 5–55°C). Bond strength was assessed using a micro-shear test, and failure modes were classified. Statistical analysis was performed using two-way repeated measures ANOVA ($p \leq 0.05$). Results: At 24 hours, HF+Sil+Bond with preheated composite resin demonstrated the highest bond strength. Thermocycling significantly reduced bond strength (66.3% for resin cement, 20.9% for preheated composite resin). Preheated composite resin combined with HF+Sil or HF+Sil+Bond maintained superior bond strength compared to resin cement. Adhesive failure predominated across all groups, with mixed failures observed only in select preheated composite resin groups after thermocycling. Conclusion: Preheated composite resin combined with HF-silane treatments offers superior bond durability, maintaining higher bond strength under aging conditions. These findings highlight the clinical potential of preheated composite resin for enhancing ceramic restoration longevity, encouraging further research on optimized bonding protocols.

3.2. INTRODUCTION

The significance of self-esteem in modern society increasingly involves aspects of physical appearance, where a person's smile and teeth play a pivotal role. As a result, esthetic dentistry has gained prominence, extending beyond health-focused treatments to address esthetic needs as well (1). This has driven many individuals to seek dental treatments like tooth whitening or orthodontics, with esthetic dentistry successfully meeting its goals of improving oral health and enhancing individuals' self-confidence. The evolution of esthetic dentistry has been notably accelerated by growing awareness of quality of life and well-being concepts, especially since the late 20th century. The aim of all esthetic dental treatments is to achieve a harmonious smile, as the beauty of a smile often determines an esthetically pleasing result (2).

Among the essential materials used in esthetic dentistry are composite resins and dental ceramics, with ceramics standing out for their chemical stability, reduced degradation, and long-term durability (3).

Dental ceramics have undergone substantial advancements in response to the demand for esthetic, durable, and biocompatible materials for dental restorations. Originally explored in the 1950s with feldspathic ceramics as metal-coated materials, dental ceramics have evolved to reduce metal use due to esthetic concerns, resulting in reinforced ceramics. A pioneering moment came in 1965 with McLean and Hughes's development of alumina-reinforced dental ceramics, which offered twice the flexural strength of conventional feldspathic ceramics (4,5). The introduction of acid etching for enamel in 1955, the development of composite resins in 1962, and later, the groundbreaking research of Professor Nakabayashi in 1982, all laid the foundation for adhesive techniques, revolutionizing restorative dentistry (6).

Ceramic laminates, initially conceived in the late 1920s, evolved significantly. Although they began as short-term solutions for Hollywood stars, the subsequent development of adhesive techniques allowed these restorations to become a long-lasting esthetic option. In 1983, Simonsen and Calamia demonstrated the bonding potential of silicate-based ceramics to silane, which, combined with advancements in composite resins and resin cements, created stable, durable bonds between ceramic and tooth surfaces (7).

Resin cements, introduced following the need for esthetic ceramic restorations, were initially chemically activated, which caused discoloration due to aromatic tertiary amines. This challenge led to photo-activated cements, with the latter offering color stability when appropriately polymerized, greatly enhancing the security of esthetic cementation. More recently, preheated composite resins have gained attention, as heating improves their flowability, leading to better adaptation in the cementation process, though requiring careful photoactivation (8).

Given the importance of durable bonding interfaces between ceramics, luting agents, and teeth, various cementation protocols are now available, including the use of silane coupling agents and silane-infused products. However, literature often disagrees on whether an adhesive system is necessary and on the most appropriate adhesive type. There are studies that defend that resin cements are more appropriated as they result in better marginal adaptation, but when correctly heated and applied, the composite resin also has shown reliable results (8-10). Thus, this study aimed to evaluate the bond strength of a lithium disilicate ceramic using different surface treatments, adhesive application, and luting agents to determine the protocol best suited

for long-term success. The null hypothesis is that there would be no difference in bond strength between the ceramic and the different bonding agents tested, regardless of the type of surface treatment or aging.

3.3. MATERIALS AND METHODS

3.3.1. Study Design

CAD/CAM lithium disilicate ceramic blocks were prepared with a thickness of 7 x 5 x 0.5 mm. The study groups were divided based on the type of ceramic surface treatment method and further subdivided according to the cementation material and bond strength evaluation time (before and after thermal aging). Therefore, the study groups are presented in the flowchart (Figure 1). After 24 hours of storage or thermal aging, the bond strength was assessed using a micro-shear test, followed by failure mode analysis of the specimens and evaluation of the bonding interface between the materials.

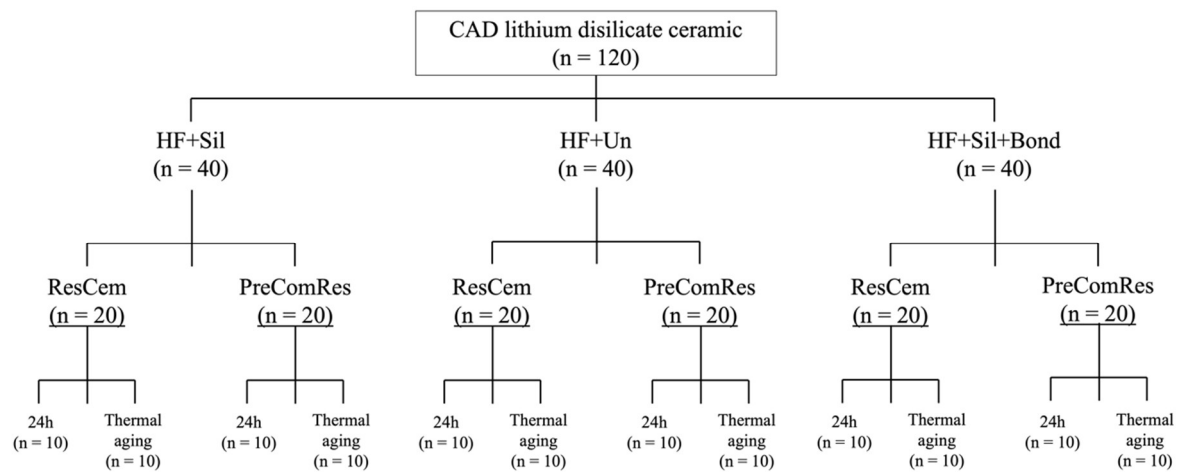


Figure 1. Flowchart of the study groups. HF: hydrofluoridric acid; Sil: silane coupling agents; Un: adhesive universal; Bond: enamel adhesive; ResCem: Resin Cement; PreComRes: Preheated Composite Resin.

3.3.2. Ceramic Specimens Preparation

Lithium disilicate ceramic blocks (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) were sectioned using a precision cutting machine (IsoMet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) under abundant cooling, resulting in a thickness of 0.5 mm and subsequently divided into four parts, yielding four similar specimens. A total of 120 samples were obtained (7 x 5 x 0.5 mm). The ceramics were then crystallized according to the manufacturer's

instructions in a ceramic furnace (Programat EP 5010, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein).

After crystallization, one surface (representing the external portion of the restoration) was finished and polished using abrasive rubber points for ceramics (Exa-Cerapol 0310UM and 0316UM ceramic polishers) and cleaned in an ultrasonic bath for 3 minutes. A thin layer of glaze paste (IPS Ivocolor Glaze Paste, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) was applied to the same ceramic surface, followed by the glaze firing procedure. The final dimensions were confirmed using a digital caliper (Mitutoyo Corp, Kawasaki, Japan) (11).

3.3.3. *Surface Treatment for Cementation*

Regardless of the cementation material used, after the fabrication of the ceramic samples, the surface considered internal (surface that has not been glazed) were prepared as follows:

- Group 1: etching with 10% hydrofluoric acid (Condicionador de Porcelana 10%, Dentsply Sirona, Pirassununga – SP, Brazil) for 20s, followed by rinsing for the same time, and applying one layer of silane (Prosil, FGM, Joinville – SC, Brazil) for 15s. After a complete 60s of the silane action, a water- and oil-free air jet was applied for 5s (HF + Sil).
- Group 2: etching with 10% hydrofluoric acid (Condicionador de Porcelana 10%, Dentsply Sirona), followed by applying one layer of the universal adhesive (Single Bond Universal, 3M ESPE, Oral Care Solutions Division, Sumaré – SP, Brazil). Excess was removed, and the adhesive was polymerized using an LED light source for 10s (HF + Un).
- Group 3: etching with 10% hydrofluoric acid (Condicionador de Porcelana 10%, Dentsply Sirona), followed by applying one layer of silane (Prosil, FGM), in the same mode as Group 1, and applying one layer of the enamel adhesive (Optibond FL, Adhesive – step 2, Kerr, Orange, USA). Excess was removed, and the adhesive was polymerized using light curing for 10s (HF + Sil + Ad).

3.3.4. *Cementation Procedure*

A polyvinyl siloxane extra light body (Panasil, Initial Contact Light, Impression material, Kettenbach, Eschenburg, Hesse, Germany) matrix with two holes, each measuring 1 mm in diameter and 1 mm in height, was fabricated in a plastic mold. The matrix was positioned

on the treated surfaces and filled with the resin cement (Variolink Esthetic LC, Neutral, Ivoclar Vivadent) or preheated composite resin (Z100 Universal Composite Resin, 3M ESPE). The preheated composite resin was heated at 68° C for 15min before use with a header device (Hotron, Biotron, Santa Rita do Sapucaí – MG, Brazil). (12) A polyester strip and a glass slab were placed over the loaded matrix, and pressure was applied to remove the excess material. The materials were polymerized with an LED curing unit (Bluephase, Ivoclar Vivadent) at approximately 800 mW/cm² intensity for 40s, with the intensity measured before each light activation. After 10min, the matrix was removed, and the resin material cylinders were carefully examined with the help of a magnifying glass to check for any changes in the bonding area. Figure 2 provides an overview of the cementation procedures.

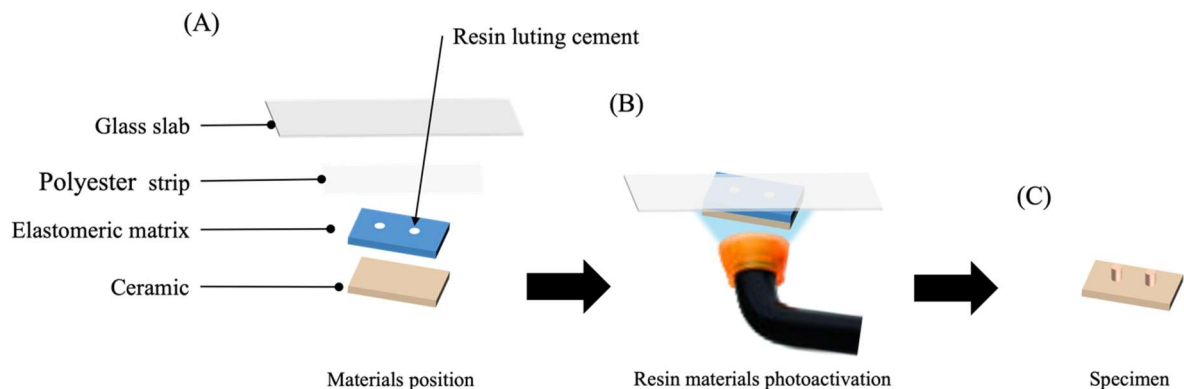


Figure 2. Cementation Procedures. (A) Arrangement of each material used, (B) photoactivation of the cementation material, and (C) the resulting final specimen.

Half of the specimens within each group were stored for 24h before the bond strength test, while the remaining half underwent thermal aging in distilled water using a thermal cycling machine (Delta, Marcelo Nucci)) with 10,000 cycles between 5 and 55°C, with a 20s in each bath and a 10s interval between baths. (13).

3.3.5. Microshear Bonding Test

All specimens (cylinders bonded to the ceramic) were subjected to a micro-shear test using a universal testing machine (EMIC DL3000, São José dos Pinhais – PR, Brazil) with a 50 kgf load cell, at a cross speed of 1 mm/min equipped with a device securely fixed to the base of the machine and using a chisel specially designed to apply the force as close as possible to the bonding interface. The test was conducted until specimen failure.

3.3.6. *Determination of The Mode of Failure*

The samples were analyzed under a 40x optical microscope (Ken-a-vision, 4424, USA) to examine the mode of failure, which was classified as adhesive (clean ceramic surface without cement residues), cohesive in the cement (cement layer covering the ceramic surface), cohesive in the ceramic (failure in the ceramic surface), and mixed (more than one type of failure).

3.3.7. *Determination of The Actual Bonded Areas of The Specimens*

The ceramic specimens were examined using an optical imaging microscope (Axiostar Plus Microscope, Carl Zeiss MicroImaging GmbH). The ceramics were positioned on the microscope stage, and an image of the bonded area was captured at 5x magnification. The obtained images were then analyzed using ImageJ software (Schneider, C. A., Rasband, W. S., & Eliceiri, K. W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9(7), 671–675. doi:10.1038/nmeth.2089), which was used to measure the actual bonded area of each tested specimen.

3.3.8. *Statistical Analysis*

The 24-hour and post-thermocycling micro-shear bond strength (μ SBS) data were obtained in MPa and statistically analyzed using Jamovi 2.5 software (14). The mean and standard deviation were subjected to the Shapiro-Wilk test. After the normality confirmed ($p > 0.05$), the data were analyzed using Two-way repeated measures ANOVA, followed by Tukey's post hoc test. A significance level of $p \leq 0.05$ was adopted. To analyze only the type of luting agent (resin cement or preheated composite resin), the means and standard deviations of all data from the treatments used in each luting agent group were considered.

3.4. RESULTS

The combination of different ceramic surface treatments with different luting resin agents resulted in varying μ SBS values, both within each testing time and between them (Tables 1 and 2). At 24 hours, the preheated composite resin combined with HF + Sil + Bond exhibited, statistically significant, the highest μ SBS ($p < 0.05$) among all groups. HF + Un for resin cement showed, statistically significant, the lowest μ SBS ($p < 0.05$). However, this group was statistically like HF + Sil + Bond for resin cement ($p = 0.407$) and HF + Un for preheated composite resin ($p = 0.926$). HF + Sil demonstrated the highest μ SBS for resin cement but was

statistically like HF + Sil + Bond ($p = 0.731$). The lowest μ SBS for preheated composite resin was observed with the HF + Un treatment, although this was statistically like HF + Sil ($p = 0.061$).

After thermocycling, μ SBS decreased significantly ($p < 0.001$) (Table 2), by 60.25% for resin cement and 23.49% for preheated composite resin. Preheated composite resin showed, statistically, the highest μ SBS values then resin cement, both at 24h ($p = 0.002$) and after thermocycles ($p < 0.001$). For each treatment (Table 1) preheated composite resin with HF + Sil and HF + Sil + Bond showed, statistically, the highest μ SBS values ($p < 0.05$) among all groups. HF + Sil resulted in the best μ SBS, statistically significant ($p < 0.05$), for resin cement. HF + Un resulted in the lowest value ($p < 0.001$) for both resin cement and preheated composite resin (Table 1).

Adhesive failure mode predominated with HF + Un treatment combined with preheated composite resin at 24 hours and was the majority for other treatments. However, the HF + Sil treatment with luting resin showed a split between adhesive and mixed failure modes. After thermocycling, only the HF + Sil and HF + Sil + Bond treatments for composite resin presented some mixed failure modes. The other groups predominantly exhibited adhesive failure modes. None of the cohesive failure modes in ceramic or resin cement were observed for either ceramic or at any testing time (Table 3).

Table 1. Mean and ($\pm$) standard deviation of micro-shear bond strength (MPa) for different ceramic surface treatments and luting resin agents at different times.

Luting Resin Agents	Treatments	24h	After thermocycles
Resin Cement	HF+Sil	21.15 $\pm$ 6.13 Ab	12.26 $\pm$ 4.37 Bb
	HF+Un	14.22 $\pm$ 5.34 Ac	1.47 $\pm$ 0.68 Bd
	HF+Sil+B	18.00 $\pm$ 6.09 Abc	7.49 $\pm$ 3.96 Bc
Preheated Composite Resin	HF+Sil	22.08 $\pm$ 6.57 Ab	22.95 $\pm$ 6.15 Aa
	HF+Un	16.27 $\pm$ 3.52 Abc	8.68 $\pm$ 2.52 Bbc
	HF+Sil+B	28.70 $\pm$ 5.03 Aa	20.60 $\pm$ 6.22 Ba

Note: Different uppercase letters indicate statistically significant differences between testing times (same row), and different lowercase letters indicate statistically significant differences between luting agents (same column).

Table 2. Mean and ($\pm$) standard deviation of micro-shear bond strength (MPa) for only luting resin agents, independent of surface ceramic treatment, before and after thermocycling.

Luting Resin Agents	24h	After Thermocycles	<i>p</i>
Resin Cement	17.79 $\pm$ 6.49 Ab	7.07 $\pm$ 5.58 Bb	< 0.001
Preheated Composite Resin	22.35 $\pm$ 7.23 Aa	17.10 $\pm$ 7.93 Ba	< 0.001
<i>p</i>	0.002	< 0.001	

Note: Different uppercase letters indicate statistically significant differences between testing times (same row), and different lowercase letters indicate statistically significant differences between luting agents. *p* = p Tukey.

Table 3. Failure modes (*) analysis of the deboned specimens (%) among groups and (number of cylinders).

Times	Luting Resin Agents	Treatments	Failure Modes			
			Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4
24 h	Resin Cement	HF+Sil	55 (11)	-	-	45 (9)
		HF+Un	90 (18)	-	-	10 (2)
		HF+Sil+B	85 (17)	-	-	15 (3)
	Composite Resin	HF+Sil	85 (17)	-	-	15 (3)
		HF+Un	100 (20)	-	-	-
		HF+Sil+B	85 (17)	-	-	15 (3)
After Thermocycles	Resin Cement	HF+Sil	100 (20)	-	-	-
		HF+Un	100 (20)	-	-	-
		HF+Sil+B	100 (20)	-	-	-
	Composite Resin	HF+Sil	80 (16)	-	-	20 (4)
		HF+Un	100 (20)	-	-	-
		HF+Sil+B	90 (18)	-	-	10 (2)

* Failure modes: 1 = Adhesive (failure within the adhesive layer). 2 = Cohesive in ceramic (failure within the ceramic body). 3 = Cohesive in cement (failure within the cement material). 4 = Mixed (more than one type of failure combined).

3.5. DISCUSSION

The results show that the thermal aging affected all combinations of surface treatment and cement agents, except when the heated composite resin was applied after HF and silane agent followed bond. Regarding to the aged situation, composite resin with HF-silane and with

HF-Silane-Bond were superior to all remaining combination. When plotted all the results heated composite resin showed higher values than resin cement. Thus, the null hypothesis was rejected. Many studies have been done evaluating the interaction between dental ceramic and agent cement materials, and several surface treatment, chemical agents and adhesive have been studied (15,16).

The findings from this study underscore the influence of thermocycling on the durability of resin-ceramic bonds, particularly with respect to different combinations of surface treatments and cementation materials. Thermocycling, a standard method to simulate oral temperature changes, showed a substantial impact on bond strength, as evidenced by significant μ SBS (micro-shear bond strength) reductions across most groups. However, the combination of preheated composite resin with hydrofluoric acid (HF) etching followed by silane was notably resistant to aging, indicating a superior bond stability compared to other resin-based agents. This aligns with existing research, suggesting that HF and silane enhance the surface topography and chemical compatibility with resin-based adhesives, thus facilitating a robust bond that withstands thermal stress (17,18).

In the context of aged specimens, the superiority of HF-silane and HF-silane-bond treatments when used with preheated composite resin suggests that combining these treatments optimizes the retention and longevity of the restoration, even under simulated aging conditions. In this way, it could be inferred that, clinically the behavior would be similar. This outcome further demonstrates that surface conditioning via silane—known for its ability to create a stable siloxane network—enhances bond durability, particularly when paired with composite resins preheated to improve flow and adaptability. Such findings are consistent with studies showing that preheated composite resins combined with and adhesive increase monomer infiltration and facilitate a better interfacial bond with treated ceramic surfaces (19).

Furthermore, preheated composite resin consistently yielded higher bond strength values compared to conventional resin cement, suggesting that the thermal manipulation of composite resins could be a promising approach for enhancing bond stability. Preheating raises the temperature and reduces the viscosity of composite resins, which in turn may allow for deeper penetration and improved contact with ceramic surfaces—especially when coupled with HF and silane treatments (20). These observations support a growing body of literature evaluating various surface treatments, chemical agents, and adhesive protocols to maximize ceramic bond durability (21,22). The results suggest that HF etching combined with silane application remains a reliable protocol to improve bond strength, and that preheating composite

resin could be advantageous for clinical applications requiring robust adhesive performance under long-term functional loading (23).

This study's outcomes provide valuable insights for optimizing ceramic bonding strategies, highlighting the importance of tailoring surface treatments to specific cementation systems for improved restoration longevity.

However, as resin cements are widely used clinically worldwide, it is important to consider the results after thermocycling, where HF + Sil was the treatment that resulted in the least decrease in bond strength. This finding aligns with most studies, which show that this treatment is the most reliable. Recently, universal adhesive systems have gained increasing popularity, leading many dentists to adopt them for cementing ceramic restorations (22). However, the present findings raise concerns about their performance compared to the more traditional HF + Sil method. Therefore, we advise dentists to exercise caution and await more robust and reliable evidence in the literature before transitioning to universal adhesive systems for cementation procedures. It is important to note that this opinion is based on our study, which utilized a specific universal adhesive. Thus, further studies are necessary to achieve a more comprehensive and reliable understanding.

The present results highlight the potential advantages of using heated composite resin as a luting agent, particularly when combined with hydrofluoric acid etching and silane application. Heating the composite resin enhances its flowability, allowing for better adaptation to the ceramic surface and facilitating improved mechanical interlocking and chemical bonding. This process results in superior bond strength values, even after aging conditions such as thermocycling, compared to conventional resin cements. These findings suggest that the thermal manipulation of composite resins could provide a reliable alternative for achieving durable ceramic-resin bonds, especially in cases requiring high resistance to thermal and mechanical stresses. However, it is important to note that while heated composite resin demonstrates promising results in controlled laboratory settings, further clinical studies are needed to validate its long-term performance and assess its feasibility in routine dental practice.

3.6. CONCLUSION

In conclusion, this study demonstrates that the use of heated composite resin as a cementing agent, combined with hydrofluoric acid and silane application, improves fluidity and adaptation to ceramics, providing greater bond strength, even after aging. However, further

clinical studies are needed to confirm its warming efficacy, thus optimizing adhesion protocols for greater restorative success.

3.7. REFERENCES

1. Bersezio C, Martín J, Herrera A, Loguercio A, Fernández E. The effects of at-home whitening on patients' oral health, psychology, and aesthetic perception. *BMC Oral Health*. 2018 Dec 11;18(1):208.
2. Ferreira PDF, Cavalcante VA, Pereira RM de S, Verde GMFL. Self-perception of aesthetic dental treatment: an integrative review. *RGO - Revista Gaúcha de Odontologia*. 2023;71.
3. Vervack V, Johansson C, Coster P De Fokkinga W, Papia E, Vandeweghe S. The fracture strength and the failure mode of lithium disilicate or resin nano ceramics as a crown, overlay, or endocrown restoration on endodontically treated teeth. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2024 May 28;36(5):796–803.
4. Naji GAH, Omar RA, Yahya R. An Overview of the Development and Strengthening of All-Ceramic Dental Materials. *Biomedical and Pharmacology Journal*. 2018 Sep 28;11(3):1553–63.
5. Liu X, Yao X, Zhang R, Sun L, Zhang Z, Zhao Y, et al. Recent advances in glass-ceramics: Performance and toughening mechanisms in restorative dentistry. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2024 Jan 29;112(1).
6. Reis A, Feitosa Vp, Chibinski Ac, Favoreto Mw, Gutierrez Mf, Loguercio Ad. Biomimetic Restorative Dentistry: an evidence-based discussion of common myths. *Journal of Applied Oral Science*. 2024;32.
7. Komine F, Furuchi M, Honda J, Kubochi K, Takata H. Clinical performance of laminate veneers: A review of the literature. *J Prosthodont Res*. 2024;68(3):JPR_D_23_00151.
8. Bhopatkar J, Ikhar A, Chandak M, Mankar N, Sedani S. Composite Pre-heating: A Novel Approach in Restorative Dentistry. *Cureus*. 2022 Jul 22;
9. Tribst JPM, Etoeharnowo L, Tadros M, Feilzer AJ, Werner A, Kleverlaan CJ, et al. The influence of pre-heating the restoration and luting agent on the flexural strength of indirect ceramic and composite restorations. *Biomater Investig Dent*. 2023 Dec 31;10(1).
10. Chen TA, Lu PY, Lin PY, Chi CW, Cheng HY, Lai YJ, et al. Effects of ceramic thickness, ceramic translucency, and light transmission on light-cured bulk-fill resin composites

as luting cement of lithium disilicate based-ceramics. *J Prosthodont Res.* 2023;68(2):JPR_D_22_00304.

11. Ellakany P, Madi M, Aly NM, Alshehri T, Alameer ST, Al-Harbi FA. Influences of Different CAD/CAM Ceramic Compositions and Thicknesses on the Mechanical Properties of Ceramic Restorations: An In Vitro Study. *Materials.* 2023 Jan 9;16(2):646.
12. Lousan do Nascimento Poubel, Débora , Ghanem Zanon, Ana Elisa , Franco Almeida, Júlio César , Vicente Melo de Lucas Rezende, Liliana , Pimentel Garcia, Fernanda Cristina , Técnicas de pré-aquecimento de resina composta para cimentação de restaurações indiretas , *International Journal of Biomaterials* , 2022 , 5935668, 10 páginas, 2022 .
13. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent.* 1999 Feb;27(2):89-99. doi: 10.1016/s0300-5712(98)00037-2. PMID: 10071465.
14. jamovi (Version 2.5). The jamovi project (2024). [Computer Software]: Retrieved from <https://www.jamovi.org>; 2024.
15. Blatz MB, Conejo J, Alammari A, Ayub J. Current Protocols for Resin-Bonded Dental Ceramics. *Dent Clin North Am.* 2022 Oct;66(4):603–25.
16. Lanza MDS, Vasconcellos WA, Miranda GLP de, Peixoto RTR da C, Lanza LD. Different bonding agents effect on adhesive bond strength: lithium disilicate glass ceramic. *Rev Odontol UNESP.* 2020;49.
17. Souza CR de, Costa AR, Borges LPS, Ferraz AGB, consani RLX, Pacheco RR, et al. Effect of Ceramic Thickness on the Bond Strength to Resin-Luting Agents before and after Thermal Cycling. *Braz Dent J.* 2024;35.
18. Souza KB, Moura DMD, Silva SEG da, Araújo GM de, Pinto R de AS, Leite FPP, et al. Effect of different surface treatments and multimode adhesive application on the Weibull characteristics, wettability, surface topography and adhesion to CAD/CAM lithium disilicate ceramic. *Journal of Applied Oral Science.* 2020;28.
19. Poubel DL do N, Zanon AEG, Almeida JCF, Rezende LVM de L, Garcia FCP. Composite Resin Preheating Techniques for Cementation of Indirect Restorations. *Int J Biomater.* 2022 Mar 23;2022:1–10.
20. Grangeiro MTV, Rodrigues C da S, Rossi NR, Souza KB, Melo RM de, Bottino MA. Preheated Composite as an Alternative for Bonding Feldspathic and Hybrid Ceramics: A Microshear Bond Strength Study. *J Adhes Dent.* 2023 Aug 8;25:159–66.

21. Falacho RI, Marques JA, Palma PJ, Roseiro L, Caramelo F, Ramos JC, et al. Luting indirect restorations with resin cements versus composite resins: Effects of preheating and ultrasound energy on film thickness. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2022 Jun 13;34(4):641–9.
22. Detogni AC, Araújo-Neto VG, Lima RBW, Sinhoreti MAC. Different adhesive approaches for the bonding of a new universal resin cement to a disilicate glass-ceramic. *Eur J Oral Sci*. 2024 Dec 25;132(6).
23. Marcondes RL, Lima VP, Isolan CP, Lima GS, Moraes RR. Ceramic Laminate Veneers Luted with Preheated Resin Composite. *Contemp Clin Dent*. 2021 Jul;12(3):313–6.

4. CONCLUSÃO

Em conclusão, este estudo demonstra que o uso de resina composta aquecida como agente de cimentação, aliado ao ataque ácido hidrofúorídrico e silano, melhora a fluidez e a adaptação à cerâmica, proporcionando maior resistência de união, mesmo após envelhecimento. Contudo, mais estudos clínicos são necessários para confirmar sua eficácia, aquecimento, otimizando assim os protocolos de adesão para maior sucesso restaurador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Luis Eduardo Moreira; GONÇALVES, Fábio dos Passos; NAGATA, Allan Gustavo; KINDER, Gustavo Ross; FRANCO, Ana Paula Gebert de Oliveira. PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DOS PINOS INTRA-RADICULARES E SEUS RESPECTIVOS SISTEMAS DE CIMENTAÇÃO: REVISÃO DE LITERATURA. **Revista Gestão e Saúde**, [S. l.], v. 2, n. 23, 2021. DOI: 10.17648/1984-8153-rgs-v2n23-1.

BERSEZIO, Cristian; MARTÍN, Javier; HERRERA, Andrea; LOGUERCIO, Alessandro; FERNÁNDEZ, Eduardo. The effects of at-home whitening on patients' oral health, psychology, and aesthetic perception. **BMC Oral Health**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 208, 2018. DOI: 10.1186/s12903-018-0668-2.

CADENARO M, JOSIC U, MARAVIĆ T, MAZZITELLI C, MARCHESI G, MANCUSO E, BRESCHI L, MAZZONI A. Progress in Dental Adhesive Materials. **J Dent Res**. 2023 Mar;102(3):254-262. doi: 10.1177/00220345221145673. Epub 2023 Jan 24. PMID: 36694473.

FERREIRA PDF, CAVALCANTE VA, PEREIRA RM DE S, VERDE GMFL. Self-perception of aesthetic dental treatment: an integrative review. **RGO - Revista Gaúcha de Odontologia**. 2023;71.

GOMES, E. A.; ASSUNÇÃO, W. G.; ROCHA, E. P.; SANTOS, P. H. Cerâmicas odontológicas: o estado atual. **Cerâmica**, [S. l.], v. 54, n. 331, p. 319–325, 2008. DOI: 10.1590/S0366-69132008000300008.

LIU, Xiaoming et al. Recent advances in glass-ceramics: Performance and toughening mechanisms in restorative dentistry. **Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials**, [S. l.], v. 112, n. 1, 2024. DOI: 10.1002/jbm.b.35334.

NAJI, Ghassan Abdul-Hamid; OMAR, Ros Anita; YAHYA, Rosiyah. An Overview of the Development and Strengthening of All-Ceramic Dental Materials. **Biomedical and Pharmacology Journal**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 1553–1563, 2018. DOI: 10.13005/bpj/1522.

ÑAUPARI-VILLASANTE, Romina *et al.* Influence of different viscosity and chemical composition of flowable composite resins: A 48-month split-mouth double-blind randomized clinical trial. **Dental Materials**, ago. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2024.07.034>.

OLIVEIRA, Laryssa Kelly Barbosa Ferro et al. Análise comparativa entre pino de fibra de vidro e núcleo metálico fundido: uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 5, p. e51610515236, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i5.15236.

SANTOS, B. C.; DANTAS, Laryssa Ellen Fernandes; DA SILVA, Samara Correia; LIMA, L.; AGRA, Débora Medeiros; FERNANDES, Danilo Cavalcante. ODONTOLOGIA ESTÉTICA E QUALIDADE DE VIDA: REVISÃO INTEGRATIVA. **Philosophy**, [S. l.], 2017.

SHI HY, PANG R, YANG J, FAN D, CAI H, JIANG HB, HAN J, LEE ES, SUN Y. Overview of Several Typical Ceramic Materials for **Restorative Dentistry**. *Biomed Res Int*. 2022 Jul 18;2022:8451445. doi: 10.1155/2022/8451445. PMID: 35898679; PMCID: PMC9314004.

STOJILKOVIĆ, M., GUŠIĆ, I., BERIĆ, J. *et al.* Evaluating the influence of dental aesthetics on psychosocial well-being and self-esteem among students of the University of Novi Sad, Serbia: a cross-sectional study. **BMC Oral Health** **24**, 277 (2024). <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04002-5>

VERVACK, Valentin; JOHANSSON, Camilla; COSTER, Peter De; FOKKINGA, Wietske; PAPIA, Evaggelia; VANDEWEGHE, Stefan. The fracture strength and the failure mode of lithium disilicate or resin nano ceramics as a crown, overlay, or endocrown restoration on endodontically treated teeth. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, [S. l.], v. 36, n. 5, p. 796–803, 2024. DOI: 10.1111/jerd.13187.

ZAIDI Ab, KARIM Aa, MOHIUDDIN S, REHMAN K. Effects of dental aesthetics on psychosocial wellbeing among students of health sciences. **J Pak Med Assoc** 2020,

APÊNDICE - Metodologia

Lista de materiais e equipamentos utilizados no estudo.

MATERIAIS	MARCA/FABRICANTE
Cerâmica Di-silicato De Lítio	E.max Press - Ivoclar-Vivadent
Cimento Resinoso	Variolink Esthetic - Ivoclar-Vivadent
Resina Composta	Resina 3M™ Z100™ 3M ESPE
Aquecedor	Hotron - Biotron
Adesivo	Single bond 3M ESPE
Fotopolimerizador	Bluephase N, Ivoclar Vivadent
Silano	Monobond Etch Prime - Ivoclar Vivadent
Silicone por adição	Prosil – Ultradent
Ácido Hidrofluorídrico	Dentsply Sirona

Delineamento do Estudo

Blocos cerâmicos de di-silicato de lítio CAD foram preparados com espessura de 0,5 mm. Os grupos de estudos foram divididos (Figura 1) conforme tipo de material de cimentação e subdivididos de acordo com o tipo de tratamento de superfície da cerâmica e tempo de avaliação da resistência de união, antes e após envelhecimento térmico. Assim, os grupos de estudos foram:

G1: cimento resinoso

→ G1.1: ácido hidrofluorídrico (HF) + silano (Sil)

- G1.1.1: HF + Sil_24h
- G1.1.2: HF + Sil_envelhecido

→ G1.2: HF + adesivo universal (Un)

- G1.2.1: HF + Un_24h
- G1.2.2: HF + Un_envelhecido

→ G1.3: HF + Sil + adesivo de esmalte (Ad)

- G1.3.1: HF + Sil+Ad_24h
- G1.3.2: HF + Sil+Ad_envelhecido

G2: resina composta aquecida

→ G2.1: HF + Sil

- G2.1.1: HF + Sil_24h
- G2.1.2: HF + Sil_envelhecido

→ G2.2: HF + Un

- G2.2.1: HF + Un_24h
- G2.2.2: HF + Un_envelhecido

→ G2.3: HF + Sil + Ad

- G2.3.1: HF + Sil+Ad_24h
- G2.3.2: HF + Sil+Ad_envelhecido

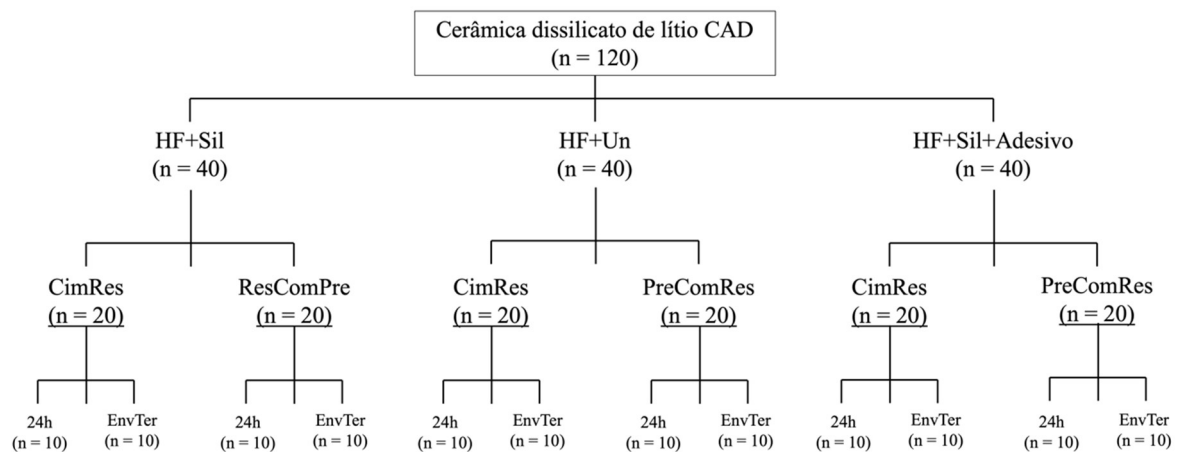


Figura 1. Fluxograma dos grupos de estudo. HF: ácido hidrofluorídrico; Sil: agente de acoplamento silano; Un: adesivo universal; Bond: adesivo de esmalte; CimRes: cimento resinoso; ResComPre: resina composta pré-aquecida; EnvTer: envelhecimento térmico.

Preparo das amostras cerâmicas

Blocos cerâmicos de di silicato de lítio (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) foram seccionados em máquina de corte de precisão (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) com refrigeração abundante na espessura de 0,5 mm e em quatro partes, resultando em quatro espécimes similares (Figura 2). No total, 120 amostras foram obtidas (7 x 5 x 0,5 mm). Em seguida, as cerâmicas foram cristalizadas de acordo com as instruções do fabricante em forno cerâmico (Programat EP5010, Ivoclar Vivadent, Schann, Liechtenstein). Após a cristalização, foram acabadas e polidas com borrachas abrasivas para cerâmica (polidor cerâmica Exa-Cerapol 0310UM e 0316UM), lavadas em ultrassom durante 3 min. Uma fina camada de glaze pasta (IPS Ivocolor Glaze Paste, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) foi aplicada sobre um dos lados da cerâmica e em seguida foi realizado o procedimento de queima do glaze (Figura 3). As dimensões finais foram confirmadas utilizando um paquímetro digital (Mitutoyo Corp, Kawasaki, Japão).

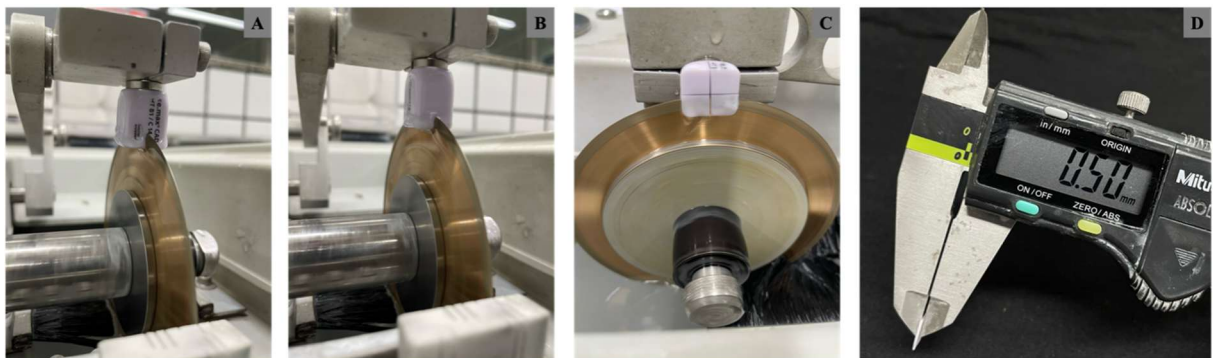


Figura 2. Corte do bloco cerâmico. (A) Primeiro corte longitudinal, (B) segundo corte longitudinal, (C) corte de fatias e (D) mensuração da espessura das fatias. Fonte: arquivo pessoal.

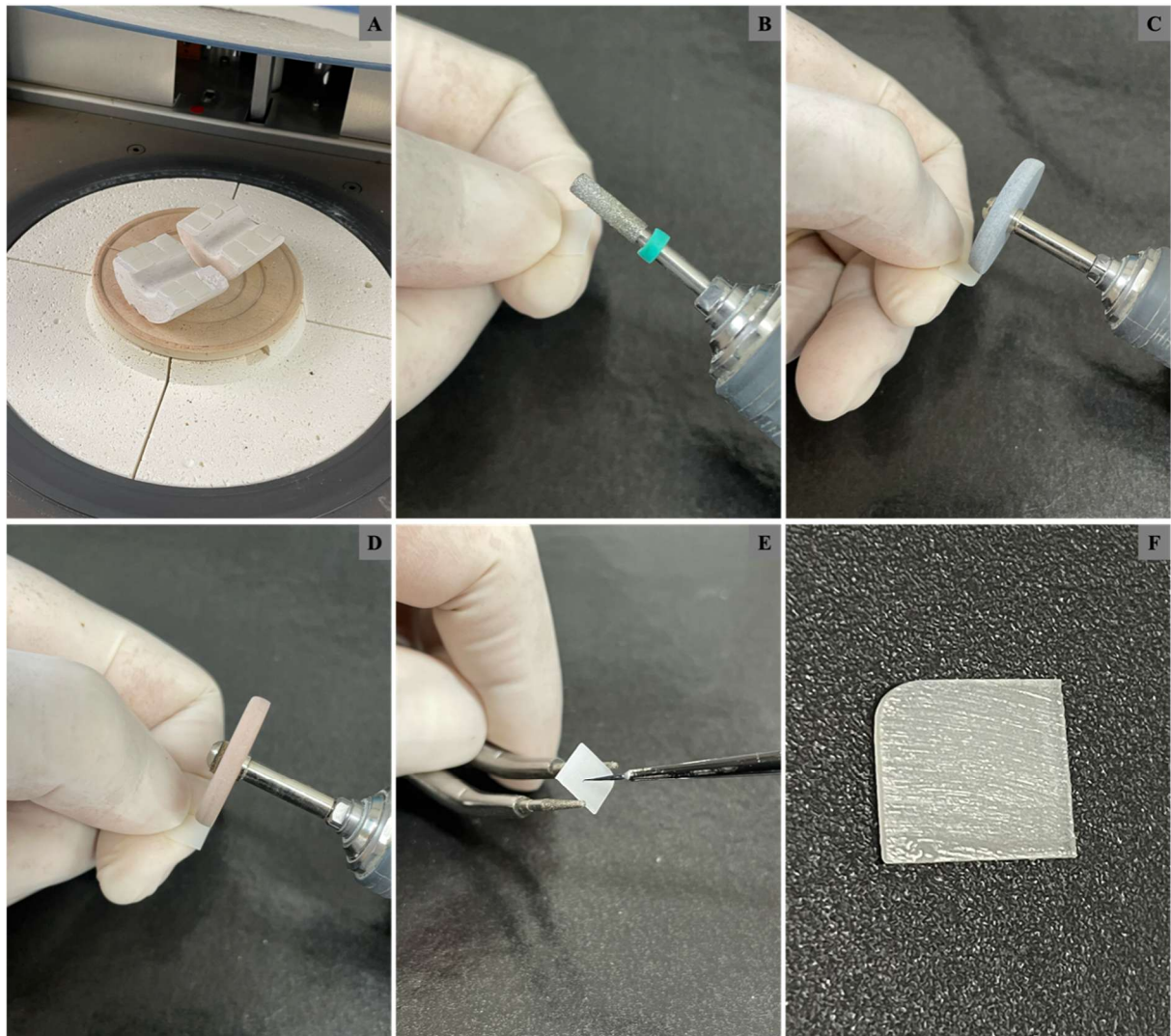


Figura 3. Finalização do preparo das amostras cerâmicas. (A) Cristalização da cerâmica, (B) acabamento com ponto diamantada (quando necessário), (C) polimento com borracha abrasiva mais grosseira, (D) polimento com borracha abrasiva de refinamento, (E) aplicação de glaze e (F) aspecto da superfície glazeada após queima do glaze. Fonte: arquivo pessoal.

Tratamento de Superfície Cerâmica

Um dos lados das amostras cerâmicas foram tratadas de 3 formas distintas:

1) HF + Sil: o ácido hidrófluorídrico 10% (HF) (Condicionador de porcelana 10%, Dentsply Sirona) aplicado na superfície cerâmica por 20s e lavado por mais 20s. A superfície foi secada e em seguida foi aplicado agente de união silano (Sil) (Prosil, FGM) por 20s, deixado agir por 40s e secado com jato de ar (Figura 4);

2) HF + Un: HF 10% aplicado na superfície cerâmica por 20s e lavado por mais 20s. A superfície foi secada e em seguida foi aplicado uma camada de adesivo universal (Scotchbond Universal, 3M ESPE), os excessos foram removidos, aplicado um jato de ar e a polimerização foi fotoativada durante 10s por fonte de luz LED (Bluephase N, Ivoclar Vivadente) (Figura 5);

3) HF + Sil + Ad: HF 10% aplicado na superfície cerâmica por 20s e lavado por mais 20s. A superfície foi secada e em seguida foi aplicado Sil por 20s, deixado agir por 40s e secado com jato de ar. Uma camada de adesivo de esmalte (Optibond, Ahesive, Kerr) foi aplicado, os excessos foram removidos e a polimerização foi fotoativada durante 10s por fonte de luz LED (Figura 6).

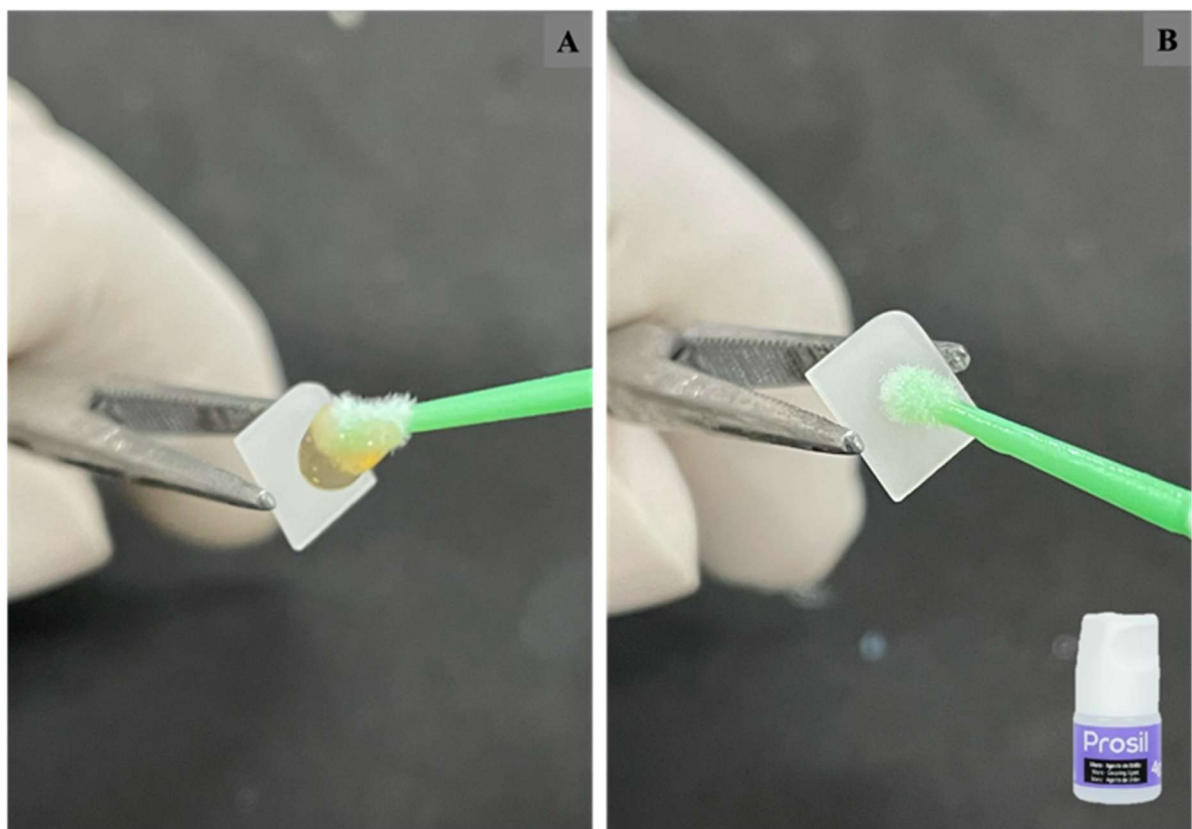


Figura 4. Tratamento de superfície cerâmica HF + Sil. (A) Aplicação de HF e (B) aplicação de silano. Fonte: arquivo pessoal.

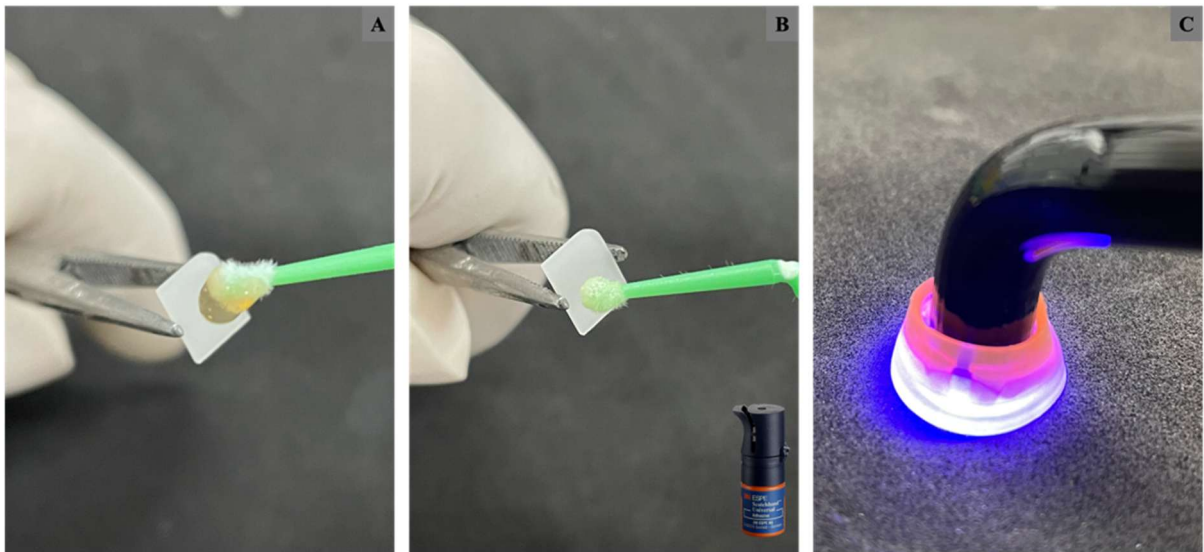


Figura 5. Tratamento de superfície cerâmica HF + Un. (A) Aplicação de HF, (B) aplicação de adesivo universal e (C) fotoativação de polimerização do adesivo. Fonte: arquivo pessoal.

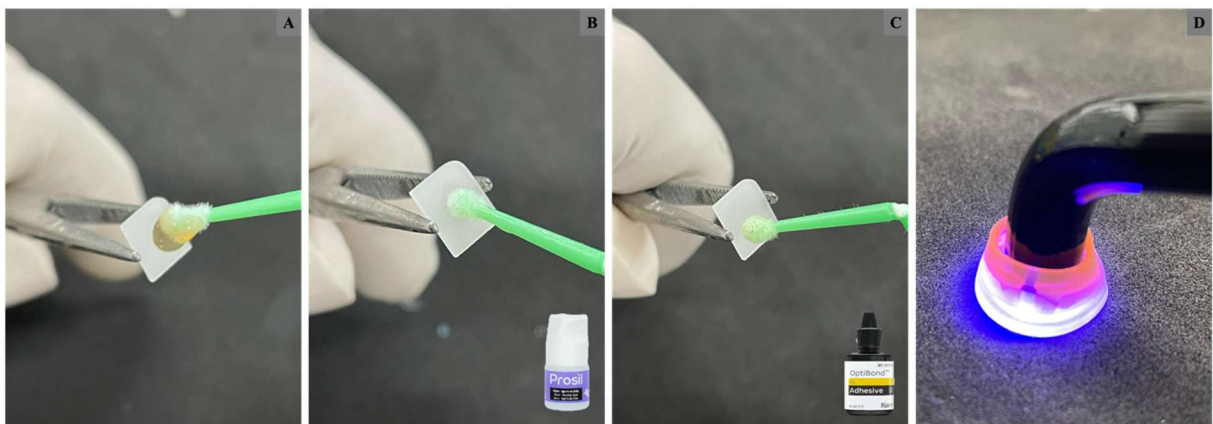


Figura 6. Tratamento de superfície cerâmica HF + Sil + Ad. (A) Aplicação de HF, (B) aplicação de silano, (C) aplicação de adesivo de esmalte e (D) fotoativação de polimerização do adesivo. Fonte: arquivo pessoal.

Procedimentos de Cimentação

Para realização dos corpos de prova para ensaio de microcisalhamento foi confeccionada matriz de silicone com dois orifícios cilindros de 1mm de diâmetro e 1mm de altura. Um dispositivo próprio foi moldado com silicone por adição (Panasil Initial Contact Fluido Light – Ultradent) e dois orifícios da matriz de silicone foram individualizados (Figura 7).

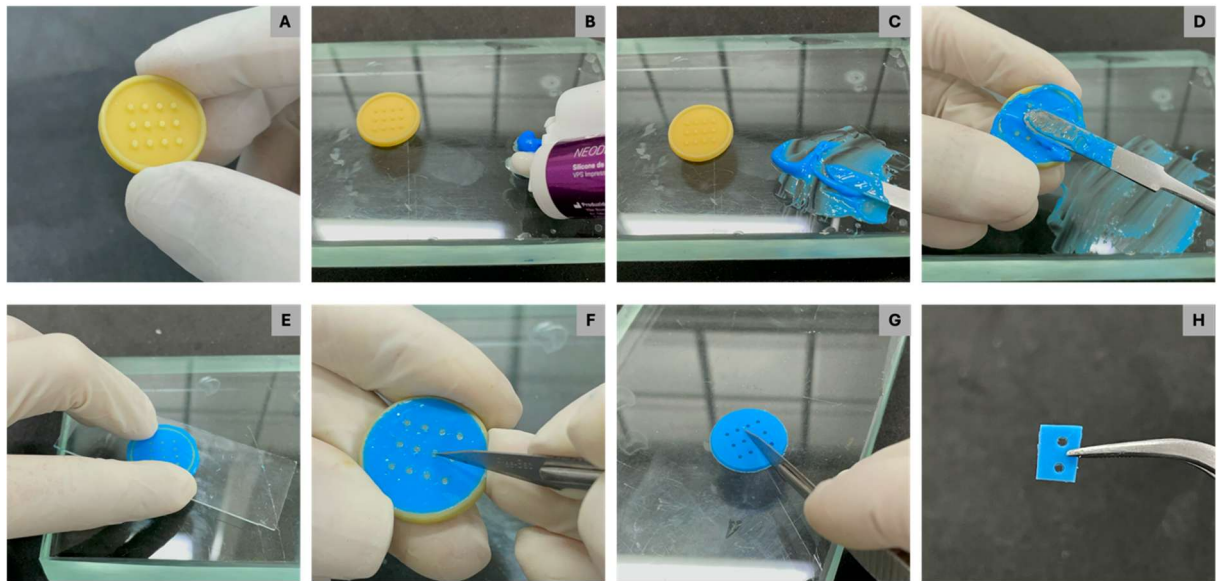


Figura 7. Confeção da matriz de silicone. (A) Dispositivo utilizado, (B) dispensa do material de impressão sobre placa de vidro, (C) manipulação do material, (D) inserção do material no dispositivo, (E) pressionamento do material com lâmina de vidro para remoção dos excessos, (F) remoção de excessos da impressão, (G) recorte da moldagem para individualização dos orifícios e (H) matriz de silicone finalizada para uso. Fonte: arquivo pessoal.

Em seguida a matriz (com dois orifícios de 1mm de diâmetro por 1 mm de altura) foi posicionada sobre a superfície cerâmica, previamente tratada, e o material de cimentação (Variolink Esthetic LC, Ivoclar Vivadent) ou a Resina Composta (Z100) foram introduzidos nos dois orifícios da matriz de silicone. Sobre a matriz foi posicionado uma tira de poliéster e lâmina de bisturi. O conjunto (cerâmica/ matriz/ tira/ lâmina) foram colocados sobre a ponta de uma fonte de luz LED (Bluephase) a fim de realizar a polimerização do material de cimentação através da cerâmica, durante 40 s. Em seguida, lâmina de vidro, tira de poliéster e matriz de silicone foram cuidadosamente removidas, resultando em dois cilindros de material de cimentação sobre a superfície cerâmica (Figure 8).

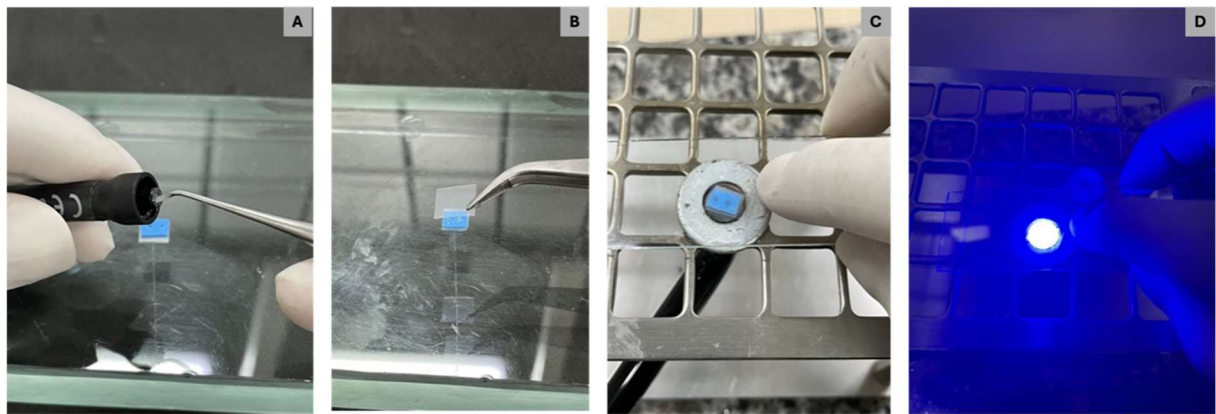


Figura 8. Procedimento de cimentação. (A) Coleta do material resinoso de cimentação, (B) inserção de tira de poliéster sobre a matriz de silicone, após preenchimento com o material de cimentação, (C) aplicação de pressão sobre o conjunto (cerâmica/matriz de silicone com material de cimentação/tira de poliéster) posicionado sobre ponta do aparelho de fotoativação de polimerização e (D) ativação da polimerização do material de cimentação resinoso através da cerâmica. Fonte: arquivo pessoal.

Envelhecimento Térmico

Após a confecção, os espécimes foram armazenados em água destilada durante 24h à 37° C ou submetidas à envelhecimento térmico. O envelhecimento foi realizado em máquina de termociclagem durante 10.000 ciclos, com variação de 5° e 55° C (Figura 9).



Figura 9. Armazenamento e envelhecimento dos espécimes. (A) Imersão em água destilada, (B) configurações de envelhecimento térmicos dos espécimes cerâmicos e (C) máquina de simulação do envelhecimento térmico. Fonte: arquivo pessoal.

Teste de Resistência de União ao Microcislhamento

Após 24h em água destilada à 37° C ou termociclagem, cada espécime foi fixado na base de uma máquina de ensaio universal (EMIC 3000) e o teste de resistência de união ao

microcisalhamento ($RU_{\mu C}$) foi realizado com auxílio de uma lâmina, do tipo cinzel, posicionada na interface de união entre cerâmica e cilindro de material de cimentação. O ensaio foi realizado à 1mm/min com uma célula de carga de 50 kgf até a fratura do espécime (Figura 10).

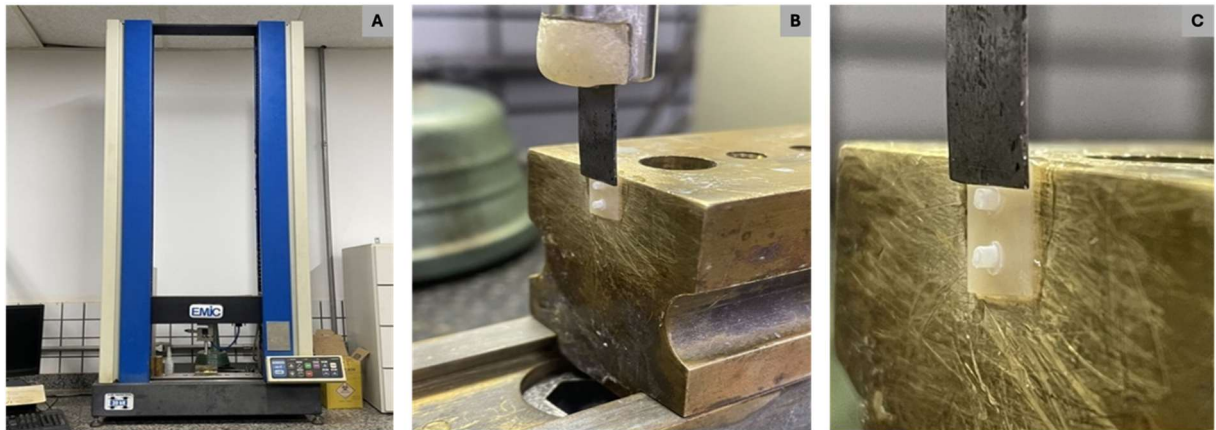


Figura 10. Teste de resistência de união ao microcisalhamento. (A) Máquina de ensaio universal (EMIC), (B) posicionamento do espécime para testagem e (C) posicionamento da lâmina na área de união. Fonte: arquivo pessoal.

Modo de Falha

As amostras foram analisadas em microscópio óptico de 40x para examinar o modo de falha, que foi classificado como adesivo (superfície cerâmica limpa e sem resíduos de cimento), coeso no cimento (camada de cimento cobrindo a superfície cerâmica) e misto (áreas limpas e áreas com cimento cobrindo a superfície) (Figura 11).

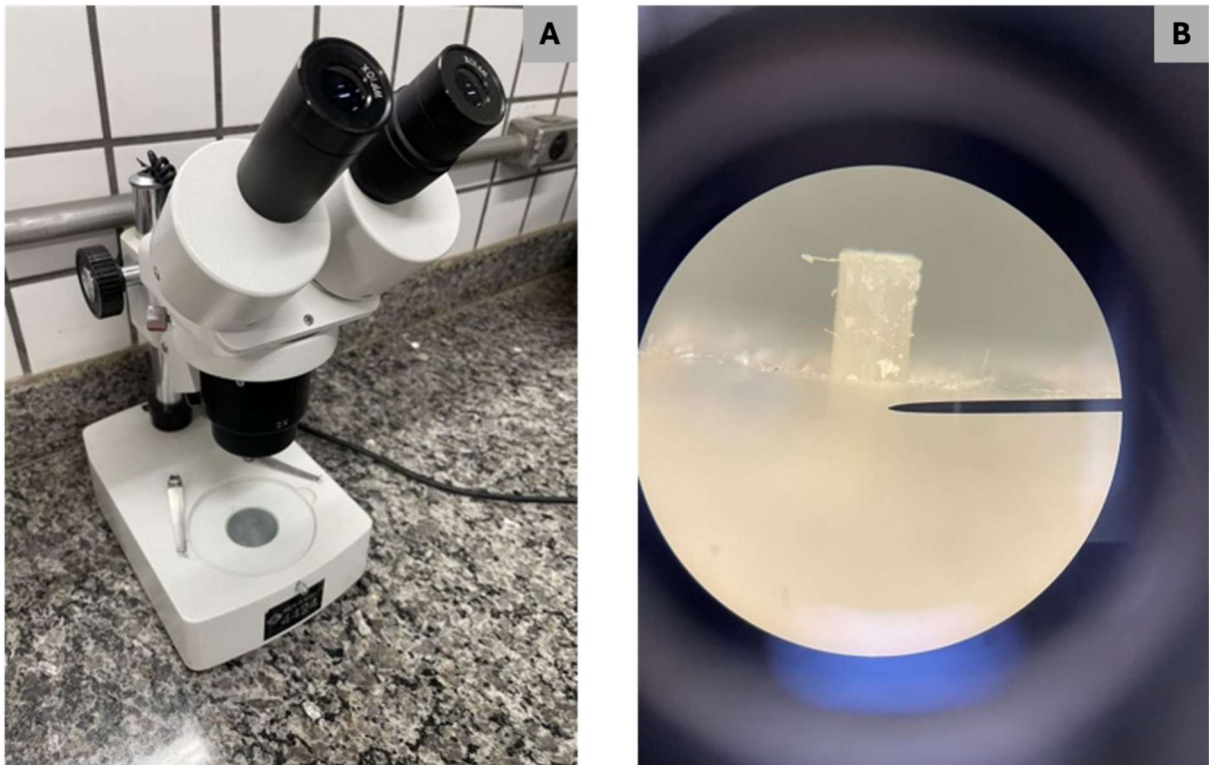


Figura 11. Análise do modo de falha. (A) Microscópio óptico utilizado para a análise e (B) imagem fornecida para a análise. Fonte: arquivo pessoal.

Mensuração da Área de União

Após o ensaio de microcisalhamento, os espécimes cerâmicos foram levados a um microscópio óptico de captura de imagem (Microscópio Axiostar Plus, Carl Zeiss MicroImaging GmbH). As cerâmicas foram posicionadas na base e a imagem da área de união foi obtida em 5x. Em seguida, as imagens obtidas foram analisadas pelo software ImageJ (Schneider, C. A., Rasband, W. S., & Eliceiri, K. W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9(7), 671–675. doi:10.1038/nmeth.2089), realizando a mensuração real da área de união de cada corpo de prova testado (Figura 12).

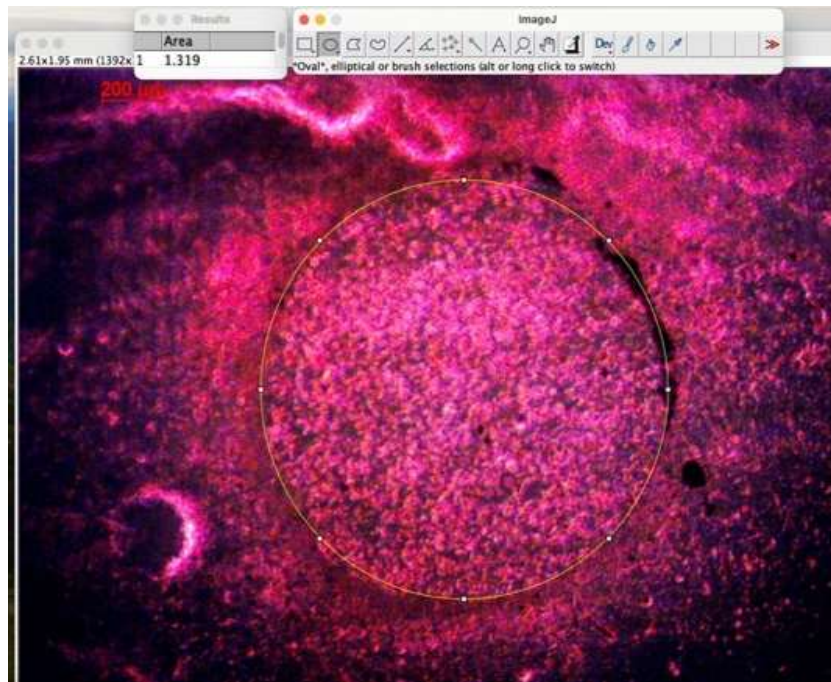


Figura 12. Área de união analisada pelo software ImageJ: círculo em amarelo corresponde a delimitação da área de união entre cerâmica e material de cimentação resinoso. Fonte: arquivo pessoal.