

Giselle Rodrigues dos Reis

**Efeito do revestimento com siloxano-  
metacrilato após deposição térmica nas  
propriedades adesivas e mecânicas de  
pinos de fibra.**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia,  
como requisito parcial para obtenção do Título de  
Mestre em Clínica Odontológica Integrada.

Uberlândia, 2015

Giselle Rodrigues dos Reis

**Efeito do revestimento com siloxano-metacrilato após  
deposição térmica nas propriedades adesivas e mecânicas de  
pinos de fibra.**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia,  
como requisito parcial para obtenção do Título de  
Mestre em Clínica Odontológica Integrada.

Orientador: Prof. Dr. Murilo de Sousa Menezes

Co-orientador: Prof. Dr. Rafael Ratto Moraes

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Murilo de Sousa Menezes

Prof. Dr. Carlos José Soares

Prof. Dr. Rodrigo Borges Fonseca

Uberlândia, 2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

R375e  
2015      Reis, Giselle Rodrigues dos, 1989-  
            Efeito do revestimento com siloxano-metacrilato após deposição  
            térmica nas propriedades adesivas e mecânicas de pinos de fibra / Giselle  
            Rodrigues dos Reis. - 2015.  
            65 f. : il.

            Orientador: Murilo Sousa Menezes.  
            Coorientador: Rafael Ratto Moraes.  
            Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
            Programa de Pós-Graduação em Odontologia.  
            Inclui bibliografia.

            1. Odontologia - Teses. 2. Pinos dentários - Teses. 3. Silano - Teses.  
            4. Água oxigenada - Teses. I. Menezes, Murilo Sousa, 1979-. II. Moraes,  
            Rafael Ratto. III. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-  
            Graduação em Odontologia. IV. Título.

CDU: 616.314

---



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA



Ata da defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO junto ao Programa de Pós-graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia.

Defesa de: Dissertação de Mestrado Acadêmico nº272 - COPOD

Data: 13/02/2015

Discente: Giselle Rodrigues dos Reis, Matrícula: (11312ODO004)

Título do Trabalho: Efeito do revestimento com siloxano-metacrilato após deposição térmica nas propriedades adesivas e mecânicas de pinos de fibra.

Área de concentração: Clínica Odontológica Integrada.

Linha de pesquisa: Propriedades Físicas e Biológicas dos Materiais e Estruturas Dentais

Projeto de Pesquisa de vinculação: Propriedades Físicas e Biológicas dos Materiais e Estruturas Dentais

As quatorze horas do dia treze de fevereiro do ano de 2015 no Anfiteatro Bloco 4L, Anexo A, Sala 23, Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, reuniu-se a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em janeiro 2015, assim composta: Professores Doutores: Carlos José Soares (UFU); Rodrigo Borges Fonseca (UFG); e Murilo de Sousa Menezes (UFU) orientador(a) do(a) candidato(a) **Giselle Rodrigues dos Reis**.

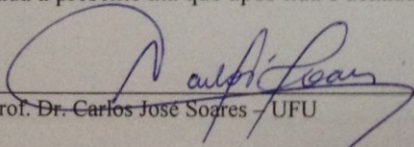
Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa Dr. Murilo de Sousa Menezes apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

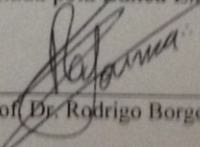
A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(a)s, que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais.

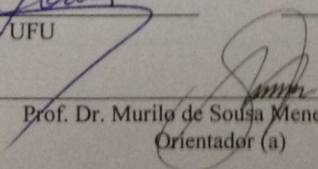
Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou o(a) candidato(a) A provado(a).

Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos às 14 horas e 10 minutos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.

  
Prof. Dr. Carlos José Soares - UFU

  
Prof. Dr. Rodrigo Borges Fonseca - UFG

  
Prof. Dr. Murilo de Sousa Menezes - UFU  
Orientador (a)



Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Uberlândia, MG. Av. Pará s/n, Bloco 4LB, Sala 4L B35, Fone:(34) 3225 8115, [www.ppgod.ufu.br](http://www.ppgod.ufu.br), [copod@umuarama.ufu.br](mailto:copod@umuarama.ufu.br).

## **DEDICATÓRIA**

### **À Deus,**

Por guiar meus passos desde o início dessa jornada e colocar no meu caminho oportunidades e pessoas maravilhosas. Obrigada Senhor!

### **Aos meus pais Welson e Marta,**

“Se enxerguei longe foi porque me apoiei nos ombros de gigantes”. São vocês os principais responsáveis por esse momento, obrigada pelo trabalho incessante, pelas noites sem dormir, pelas escolhas e renúncias em prol do meu sonho, pelo exemplo de força e determinação, por me ensinarem a ir à luta, por uma vida de dedicação! Não há palavras que conseguiram mensurar ou descrever minha gratidão! Amo vocês!

### **Aos meus avós Abdias e Evani,**

Obrigada por estarem sempre presente na minha vida e nos estenderem a mão sempre que precisamos. São os que mais se orgulham de mim e quem eu nunca quero decepcionar! Obrigada por cada carinho, oração e incentivo! Vocês são minha preciosidade!

### **Aos meus irmãos Natália e Junin,**

Irmãos são as pessoas que tem amam e te aceitam mesmo conhecendo todos os seus defeitos. Obrigada pela amizade, cumplicidade, paciência e por compreenderem meu estresse e minha ausência.

### **Às minhas tias Mariza, Márcia, Marilda, Marina e Warmam,**

Como é bom ter tias “corujas”. Vocês também estiveram presente em todos os momentos e sempre contribuíram e vibraram a cada vitória. Obrigada pelo carinho, amizade e dedicação!

**Ao meu namorado Lucas,**

Que além de namorado é meu melhor amigo e um grande companheiro!

Obrigada por ouvir meus anseios, meus medos e minhas alegrias, por participar de todos os momentos e me ajudar em tudo que fosse possível. Sem você teria sido muito mais difícil, você dividiu esse sonho comigo e com minha família! Essa dissertação também é sua, te amo!

## **AGRADECIMENTOS**

### **Ao Professor Murilo de Sousa Menezes,**

Já são seis anos de convivência, desde o início da faculdade quando você me acolheu como aluna de Iniciação científica até a finalização do mestrado. O que era então para ser apenas um convívio profissional se tornou uma grande amizade. Hoje tenho profunda admiração, não só pelo excelente profissional, mas também pela pessoa íntegra e de caráter que você é. Obrigada por acreditar em mim (muitas vezes, mais que eu mesmo), por me incentivar, me apoiar, não me deixar desistir, tão pouco, deixar de acreditar que vou conseguir!

### **Aos Professores Paulo César, Veridiana e Paulo Vinicius,**

Obrigada pelo exemplo de profissionais que são e por sempre se mostrarem dispostos a ajudar e a dividir o conhecimento conosco. É um constante aprendizado estar próximo de vocês!

### **Ao Professor Carlos José Soares,**

A sua paixão e dedicação pelo o faz é um incentivo para nós que estamos iniciando na jornada. Obrigada pela enorme contribuição para a nossa formação.

### **Aos demais professores da FOUFU,**

Aos professores Paulo Simamoto, Denildo Magalhães, Flavio Domingues da Neves, Gisele Rodrigues, Alfredo Júlio, Luís Raposo, Paulo Quagliatto, Priscilla Soares, João Edson e Márcio Teixeira obrigada pela convivência agradável nesses anos. Vocês também contribuíram para o meu crescimento.

### **Ao Professor André Luís Faria e Silva,**

Obrigada pela parceria e pelo constante auxílio. É uma honra poder trabalhar junto de uma pessoa tão competente como você.

### **Ao Professor Rafael Ratto Moraes,**

Obrigada pela co-orientação, paciência e disposição. Sua ajuda contribuiu muito para o sucesso desse trabalho. Obrigada também, por ter nos acolhido tão bem quando estivemos em Pelotas, sendo muito agradável e produtiva nossa parceria.

### **Aos funcionários da UFU,**

Especialmente Graça, Brenda, Daniela, Wilton, Senhor Advaldo, John, Eliete e demais funcionários. Obrigada por realizarem seus trabalhos com tanta dedicação e paciência, facilitando nossas tarefas diárias.

### **À irmã “siamesa” Fernanda,**

Você foi minha companheira nessa jornada! E realmente estivemos juntas em todos os momentos. Obrigada pela constante ajuda, pelas inúmeras caronas, por dividirmos o desespero, as tarefas e os sorrisos (até por que, você está sempre sorrindo). E acima de tudo obrigado pela paciência, sei que não sou fácil. E agora que conseguimos #partiuDoutoradoSanduiche!

### **Às amigas Marcela e Ana Laura,**

Vocês também estiveram presente em todos os momentos e nos ajudaram sempre que foi preciso. Até trabalhar sexta à noite ficou mais divertido! Obrigada pela amizade, carinho e companheirismo.

### **À todos orientados do Professor Murilo,**

Davison, Ede Lausson, Matheus, Thais e Ludiele a convivência com vocês tornou tudo mais agradável. A oportunidade de co-orientá-los foi um grande aprendizado, obrigada pela confiança!

### **Às amigas do “Grupinho”,**

Andrea, Juliana, Carlla, Anne e Jaque, vocês me acompanharam desde o início e poder contar com a presença e torcida até esse momento é muito importante para mim. Dividimos muitas alegrias, por isso, obrigada por compartilharem desse momento comigo!

### **Ao querido casal Dayana e Jeffer,**

Já são mais de dez anos de amizade e convívio, e mesmo com os desencontros da vida adulta sempre que nos encontramos é a mesma sensação de juventude. Obrigada pela amizade e carinho!

### **Às amigas do Mestrado,**

Luana, Renata, Camila, Belinha e Lívia, a convivência com vocês tornou esses dois anos muito mais agradável e divertida. Obrigada pelos momentos de descontração e desabafos ouvidos.

### **Aos demais colegas da pós-graduação**

Maruki, Guilherme, Átila, Rodrigão, Leandro, Luis Henrique, Crisnicaw, Alexandre, Aline, Ubiratan e Silas. A troca de experiências e conhecimento com vocês contribuíram para meu crescimento. Obrigada pelo convívio e constante auxílio nos momentos que necessitei.

### **À Universidade Federal de Pelotas e colegas de lá,**

Aline, Gabi e Lísia foi um prazer conhecer e conviver com vocês na nossa estadia em Pelotas. Tenho certeza que a parceria permanecerá no futuro.

### **À Universidade Federal de Uberlândia,**

Instituição que me acolheu desde a graduação e a qual tenho muito orgulho de pertencer!

**Ao CNPq,**

Pelo auxílio financeiro concedido por meio de dois anos de bolsa que recebi durante o mestrado.

**À CAPES e FAPITEC,**

Pelo auxílio concedido para que pudéssemos realizar o intercâmbio com a Universidade Federal de Pelotas.

**À Ângelus e FGM,**

Pela doação de produtos para realização deste trabalho.

## EPÍGRAFE

*“Uma paixão forte por qualquer  
objeto assegurará o sucesso,  
porque o desejo pelo objetivo  
mostrará os meios.”*

William Hazlitt

## Sumário

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	13
RESUMO.....	14
ABSTRACT .....	16
1. INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2. PROPOSIÇÃO .....	24
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
3.1. PROJETO PILOTO .....	26
3.2. PROJETO EXPERIMENTAL.....	34
3.2.1. Delineamento Experimental .....	34
3.2.2. Ensaio Mecânico de microtração .....	35
3.2.3. Ensaio de resistência flexural de três pontos .....	40
3.2.4. Análise Estatística dos dados .....	42
4. RESULTADOS .....	44
4.1. Resistência de união .....	44
4.2. Resistência à flexão, Módulo de Flexão e Rigidez .....	45
5. DISCUSSÃO .....	48
6. CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS.....	57
RELEASE PARA IMPRENSA .....	65

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

%- Porcentagem

< - Menor

> - Maior

ANOVA- Análise de variância

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>- Peróxido de hidrogênio

min- Minutos

mm- Unidade de comprimento (milímetro)

mm/min- Unidade de velocidade (milímetro por minuto)

Kg- Unidade de massa (quilograma)

s – Unidade de tempo (segundo)

h – Unidade de tempo (hora)

MPa- - MegaPaschal

GPa – GigaPaschal

Kgf – Unidade de força – carga aplicada (quilograma força)

MTPS- Silano 3- trimethoxysilylpropylmethacrylate

mW/cm<sup>2</sup>- Unidade de densidade de energia (miliwatts por centímetro quadrado)

nm- Nanômetros

°C- Grau Celsius

P- Nível de probabilidade

PVC- Polivinil cloreto rígido

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

α- Nível de confiabilidade

## RESUMO

O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito do revestimento de pinos de fibra com siloxano-metacrilato, após deposição térmica, na resistência de união ao núcleo de preenchimento em resina composta. Além disso, avaliou a influência deste tratamento nas propriedades mecânicas de resistência flexural, módulo de flexão e rigidez. Para avaliar a resistência de união dois tipos de pinos (White Post DC3, FGM, Produtos Odontológicos e Exacto 3, Ângelus) foram divididos aleatoriamente em oito grupos ( $n=13$ ): S (controle): uma camada de silano (Prosil, FMG) foi aplicado sobre a superfície do pino; SA: aplicação de uma camada de silano, seguido do adesivo (Scotchbond, 3M Espe); HS: condicionamento com  $H_2O_2$  35% (Whiteness HP Max, FGM) por um minuto seguido da aplicação de silano; HSA: aplicação de  $H_2O_2$  seguido da aplicação de silano e adesivo; Si: revestimento com siloxano-metacrilato após deposição térmica (Si-O), por meio da imersão em solução experimental de MTPS a 5% seguido de aquecimento a  $120^\circ\text{C}$  por 1 hora. SiS: aplicação de silano após Si-O; SiA: aplicação de adesivo após Si-O; SiSA: aplicação de silano e adesivo após Si-O. As restaurações em resina composta (AllCem Core, FGM) foram simuladas utilizando moldes de silicones translúcidos. Após 24h de armazenagem em água a  $37^\circ\text{C}$ , as amostras foram submetidas a cortes seriados, perpendiculares ao longo eixo do pino, obtendo amostras com dimensões de aproximadamente  $1\times 1\text{mm}$ , com formato de palito. As amostras foram submetidas ao ensaio mecânico de microtração à velocidade de  $0,7\text{ mm/min}$  até o rompimento dos espécimes. Para análise das propriedades mecânicas, dezoito White Post DC e dezoito Exacto foram utilizados ( $n=6$ ). Pinos sem tratamento de superfície, condicionados com  $H_2O_2$  e revestidos com siloxano-metacrilato após deposição térmica tiveram suas propriedades avaliadas pelo ensaio mecânico de resistência flexural de três pontos. Os dados obtidos apresentaram distribuição normal e homogênea e foram submetidos a análise de variância fatorial de dois fatores e teste de Tukey. Os resultados demonstraram que o tratamento de superfície só afetou a resistência de união no pino Exacto ( $P<0,001$ ), enquanto para o White Post DC todos os

grupos foram estatisticamente iguais ao controle ( $22,5 \pm 5,1$ ). Os maiores valores de resistência de união foram obtidos nos grupos SiS ( $40,4 \pm 6,9$ ) e SiSA ( $38,8 \pm 5,3$ ). O condicionamento com  $H_2O_2$  (HS:  $22,9 \pm 2,5$  e HSA:  $25,5 \pm 4,5$ ) promoveu o aumento da resistência de união quando comparado com o controle ( $15,8 \pm 4,1$ ), no entanto, obteve valores menores que a deposição térmica de siloxano. As propriedades mecânicas não foram afetadas pelo tratamento de superfície, apenas pelo tipo de pino, sendo que o Exacto apresentou maiores valores de resistência flexural, módulo de flexão e menor rigidez. Dessa forma, conclui-se que a deposição térmica com siloxano-metacrilato é uma opção viável para o aumento da resistência de união dos pinos ao núcleo de preenchimento, sem alterações das suas propriedades mecânicas.

**Palavras chave:** Resistência de união, pino de fibra, peróxido de hidrogênio, silano.

## ABSTRACT

This study evaluated the effect of thermally deposited siloxane-methacrylate coating on bond strength glass-fiber post to core materials. Furthermore, evaluated mechanical properties of flexural strength, flexural modulus and stiffness. For bond strength, two types of GFP (Exacto, Angelus and White Post DC, FGM) were divided into eight groups ( $n = 13$ ): S (control): pre-hydrolyzable silane (Prosil, FGM) was applied on the post surface; SA: silane was applied followed by one layer of adhesive (Scotchbond, 3M Espe); HS: etching with 35%  $H_2O_2$  (Whiteness HP Max, FGM) for one minute followed by silane; HSA: etching with  $H_2O_2$  followed by silane and adhesive; Si: deposited siloxane-methacrylate coating (Si-O) by means of immersion of post in experimental solutions of 5% MPTS followed by heating at  $120^\circ\text{C}$  for one hour; SiS: silane application after Si-O; SiA: application adhesive after Si-O; SiSA: silane and adhesive application after Si-O. The composite resin restorations (AllCem Core, FGM) were simulated using translucent silicone molds. After 24 hours water storage at  $37^\circ\text{C}$ , the post/resin assembly was serially sectioned in beams that were subjected to a microtensile bond strength test. For analysis of mechanical properties, eighteen White Post DC and eighteen Exacto were used ( $n = 6$ ). Post without surface treatment, etched with  $H_2O_2$  and coated with siloxane methacrylate after thermal deposition had their mechanical properties evaluated skin test flexural strength of three points. The data presented normal and homogeneous distribution and subjected to two-way ANOVA and Tukey test. The results showed that the surface treatment only affected the bond strength in Exacto post ( $P < 0.001$ ), while for the White Post DC all groups were statistically equal to the control ( $22.5 \pm 5.1$ ). The highest bond strength values were obtained in SiS ( $40.4 \pm 6.9$ ) and SiSA ( $38.8 \pm 5.3$ ) groups. The etching with  $H_2O_2$  (HS:  $22.9 \pm 2.5$  and HSA:  $25.5 \pm 4.5$ ) promoted increased bond strength when compared to control ( $15.8 \pm 4.1$ ), however, had lower values than the thermal deposition siloxane. The mechanical properties were not affected by surface treatment, only by the type of post, wherein Exacto post showed highest means of flexural strength, flexural modulus and lower stiffness. Thus, it is concluded that the thermally deposited siloxane-methacrylate coating is a

viable option for increasing the bond strength to the core pins without alterations completion of its mechanical properties.

**Key words:** Microtensile bond strength, fiber post, hydrogen peroxide, silanes.

## ***INTRODUÇÃO***

---

## 1. INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

A reabilitação estética e funcional de dentes tratados endodonticamente, com perda de grande quantidade de estrutura coronária, requer utilização de retentores intrarradiculares como forma adicional de estabilizar e reter o material restaurador (Assif & Gorfil 1994; Ferrari et al., 2012; Naumann et al., 2012). Várias técnicas são propostas para restauração destes dentes, destacando-se os núcleos metálicos fundidos e pinos pré-fabricados (Schwartz & Robbins, 2004). Núcleos metálicos fundidos e retentores metálicos pré-fabricados possuem alto módulo de elasticidade, não se aderem aos tecidos dentais e, por vezes, comprometem a estética. Dessa forma, nas últimas décadas têm sido indicados como alternativa aos pinos metálicos, os pinos pré-fabricados de resina reforçados por fibra (Soares et al., 2012), caracterizados pela fácil e rápida utilização, estética e comportamento biomecânico semelhante à estrutura dentária (Goracci & Ferrari, 2011).

A utilização desses pinos estéticos é associada às técnicas adesivas, por meio de sistemas resinosos (Goracci & Ferrari, 2011), onde há a formação de um complexo restaurador mecanicamente similar à estrutura dental (Santos-Filho et al., 2008). Os pinos de fibra possuem módulo de elasticidade semelhante à estrutura dentinária e quando estão efetivamente aderidos à estrutura dental, essa característica permite que as tensões provenientes dos esforços mastigatórios sejam distribuídas de forma homogênea (Santos-Filho et al., 2014). Portanto, o comportamento biomecânico dos pinos não depende apenas das propriedades mecânicas, como dureza e resistência flexural (Soares et al., 2008a), mas também da efetiva união entre pino, material resinoso e estrutura dentária (Lanza et al., 2005).

O deslocamento do pino no interior do canal radicular é a falha mais frequente (Cagidiaco et al., 2008; Sarkis-Onofre et al., 2014), devido a complexa adesão à dentina do canal radicular (Menezes et al., 2008; Faria-e-Silva et al., 2012; Faria-e-Silva et al., 2013). Outra falha comumente relatada é a fratura do núcleo de preenchimento na porção coronária, representada pela falha na interface pino e resina do núcleo de preenchimento (Monticelli et al.,

2008). Estudos mostram que tensões geradas durante as mastigações tendem a se acumular na interface entre o pino e materiais resinosos, contribuindo para a fragilidade dessa interface (Santos-Filho et al., 2014). Além disso, os pinos de resina reforçados por fibra são compostos em sua maioria por fibras de vidro ou quartzito envoltos por resina epóxica (Goracci & Ferrari, 2011). A resina epóxica é o componente orgânico dos pinos de fibra e possui elevado grau de conversão (Zicari et al., 2013). Desta forma, a matriz epóxica é praticamente incapaz de reagir com monômeros resinosos, comprometendo a união ao núcleo de preenchimento.

Assim, tratamentos de superfície do pino são propostos na tentativa de aumentar a união química e micromecânica à resina composta. Estes procedimentos podem ser divididos, segundo Monticelli et al. (2008), em três categorias: (1) tratamentos de superfície com substâncias para otimizar a união química, como a aplicação de silano (silanização), ou silanização e aplicação de adesivo; (2) asperização da superfície para aumentar a retenção micromecânica, por meio do condicionamento ácido, jateamento ou silicatização; ou (3) associação das duas técnicas anteriores.

A aplicação de silanos é o tratamento mais utilizado, no entanto, os valores de resistência de união ainda são baixos quando este tratamento é realizado, (Sahafi et al., 2003) por conta do recobrimento dos pinos com a resina epóxica. Assim, os tratamentos que promovem asperização da superfície foram testados, como o jateamento com partículas de óxido de alumínio (Soares et al., 2008a), silicatizações (Sahafi et al., 2003) e ácido fluorídrico (Valandro et al., 2006). Estes tratamentos promovem maior resistência de união do pino ao núcleo de preenchimento quando comparados com a aplicação apenas de silano. No entanto, são tratamentos que danificam as fibras do pino, tornando-se estas alternativas inviáveis. Substâncias corrosivas como, permanganato de potássio (Monticelli et al., 2006a), etóxido de sódio (Monticelli et al., 2006a), diclorometano (Elsaka, 2013) e aplicações de laser (Arslan et al., 2013) foram também descritos na literatura com resultados promissores, mas são opções de difícil uso clínico.

Comparando-se as técnicas, o condicionamento com peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) seguido da silanização é o que tem apresentado melhor custo benefício. Diferentes protocolos de utilização do  $H_2O_2$ , promovem significativo aumento da resistência de união do pino ao núcleo de preenchimento (de Sousa Menezes et al., 2011). Agentes clareadores à base de  $H_2O_2$  a 35% aplicados sobre a superfície do pino também melhoram significativamente a adesão do pino aos compósitos resinosos (Menezes et al., 2014), de uma maneira simples e de fácil acesso para os clínicos. Essa substância é capaz de remover parcialmente a matriz de resina epóxica e expor a superfície das fibras para silanização, sem danificá-las (Monticelli et al., 2006a).

Orgonosilanos são compostos que possuem moléculas com duas extremidades reativas, uma que reage estritamente com a porção orgânica e a outra com a inorgânica (Perdigao et al., 2006). O 3-trimetoxisililpropilmetacrilato (MTPS) diluído em solventes como etanol e ácidos é o silano mais comumente utilizado em odontologia. A sua molécula possui um grupo hidrolisável alcoxi e um grupo metacrilato funcional (Habekost et al., 2013). A reação química de adesão envolve a hidrólise do grupo alcoxi formando grupos silanois reativo (Si-OH) (Matinlinna et al., 2004). O grupo silanol formado reage com a superfície aderindo a outros grupos de silanois presentes no vidro por meio da formação de ligações cruzadas de siloxanos (Si-O-Si) (Matinlinna et al., 2004). Essa reação normalmente é catalisada por substâncias ácidas ou temperaturas elevadas (Shen et al., 2004). Quando altas temperaturas são aplicadas ocorre a evaporação completa do solvente e volatilização dos subprodutos da reação de condensação do silanol. Dessa forma, há aumento de ligações disponíveis para reação entre a superfície e o silano (Fabianelli et al., 2010).

A odontologia tem mostrado acelerada evolução no desenvolvimento de materiais e técnicas que visam qualidade, rendimento e estética. No geral, os objetivos das técnicas e dos materiais odontológicos restauradores é a reprodução fiel das características dos dentes naturais, esteticamente e biomecanicamente. Outra tendência atual são materiais e técnicas que visam a

simplificação e diminuição das etapas clínicas, como adesivos autocondicionantes e universais e cimentos autoadesivos. A indústria odontológica nacional vem acompanhando esse desenvolvimento, o segmento de odontologia é o que mais se destaca dentre outros que integram a indústria brasileira na área de saúde. Dessa forma pesquisas de caráter inovador, com possibilidades de transferência de tecnológicas tem ganhado notoriedade.

Nesse sentido, foi elaborada solução experimental de MTPS à 5% diluído em solventes orgânicos e isopropilamina, sustentada pela hipótese de que o uso dessa solução em pinos de fibra de vidro aliado ao tratamento térmico realizado em escala industrial irá promover o revestimento dos pinos de siloxano-metacrilato. Essa deposição de siloxano pode aumentar a resistência de união dos pinos de fibra ao núcleo de preenchimento sem afetar a sua integridade e eliminar a etapa clínica de tratamento de superfície dos pinos de fibra, simplificando o procedimento de fixação de pinos de fibra de vidro.

***PROPOSIÇÃO***

## **2. PROPOSIÇÃO**

Este trabalho tem por objetivo:

- 2.1.** Avaliar o efeito do revestimento com siloxano-metacrilato após deposição térmica na resistência de união dos dois tipos de pino de fibra de vidro ao núcleo de preenchimento de resina composta;
- 2.2.** Avaliar as propriedades mecânicas de resistência flexural, módulo de flexão e rigidez dos pinos submetidos à deposição térmica de siloxano-metacrilato;

## ***MATERIAIS E MÉTODOS***

---

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. PROJETO PILOTO**

Para determinação da solução, concentração e temperatura a serem utilizados neste estudo um projeto piloto foi delineado.

##### **3.1.1. Definição da temperatura**

Para definição da temperatura que os pinos seriam submetidos, 6 pinos de fibra de vidro White Post DC (FGM, Joinville, PR, Brasil) foram limpos, durante 5 minutos, em cuba ultrasônica contendo água destilada, imersos em álcool 95%, secos com jato de ar. Após a limpeza, os pinos foram aquecidos às temperaturas de 120°C, 150°C e 170° em estufa de secagem por 1 hora (n=2).

Após os aquecimentos foi analisado a morfologia da superfícies dos pinos em microscópio eletrônico de varredura (MEV). Para tal, os pinos foram fixados em suportes de alumínio (*stubs*), por meio de fita de carbono dupla face (Electron Microscopy Sciences, Washington 19034, USA). Os pinos foram revestidos com liga de ouro/paládio usando o equipamento evaporador (MED 010, Balzer, USA) por meio do processo de metalização, com corrente de 45mA por 90 segundos. Em seguida, os espécimes foram observados em microscópio eletrônico de varredura (JSM-5600 JEOL USA) com aceleração de voltagem de 15KV, com aumentos padronizados em 250, 500 e 1000x.

Os aspectos micro-morfológicos dos pinos estão representados pelas Figuras 1, 2, 3 e 4. As imagens sem aquecimento mostram características normais de pinos de fibra de vidro, não há exposição de fibras e cobertura com resina epóxica. Para os pinos que foram submetidos à temperatura de 120°C nenhuma alteração morfológica significativa foi encontrada. Não houve formação de bolhas, exposição de fibras ou deslocamento de fibra da resina epóxica. Já nos pinos submetidos a 150 e 170°C maior exposição das fibras de vidro foram percebidas, dessa forma, a temperatura de 120°C foi escolhida. Além das alterações percebidas, a resina epóxica possui instabilidade térmica entre 178 a 232°C (May, 1999). Assim, procedendo temperatura de 120°C há menor chance de alterações intra estruturais no pino.

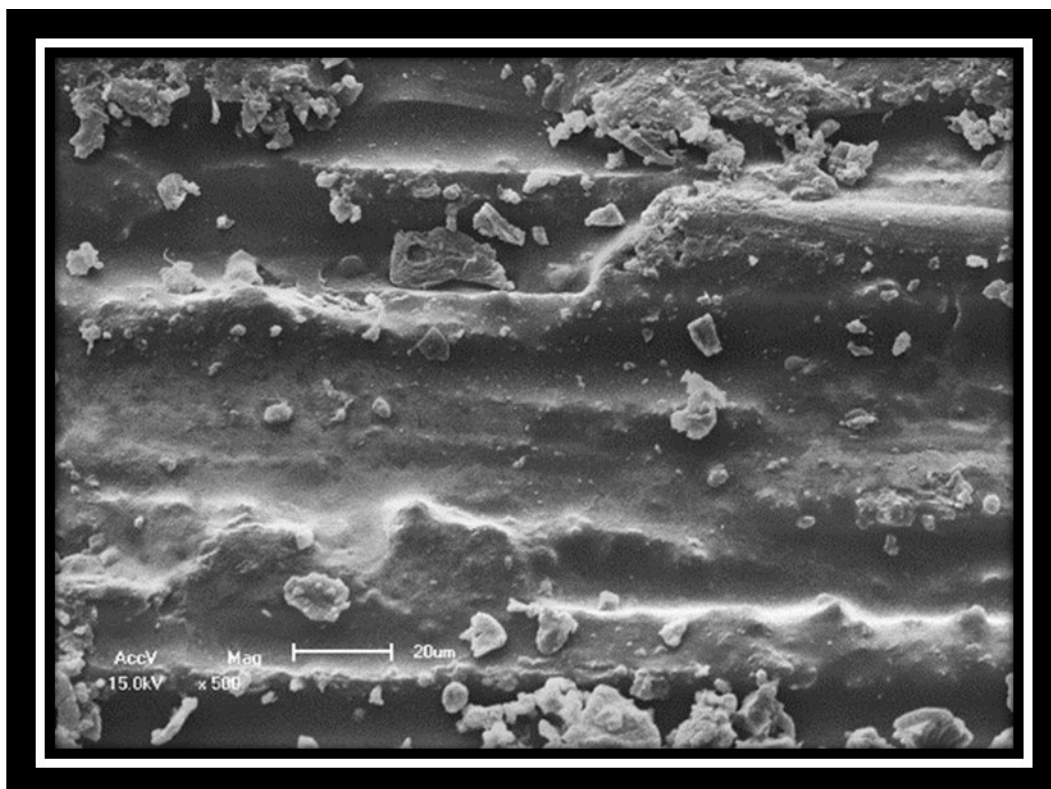


Figura 1 - Fotografia em MEV da superfície do pino que não foi submetido a aquecimento, em magnitude 500X. Observa-se imagem característica de pinos, cobertura das fibras pela resina epóxica, sem exposição de fibras de vidro.

### 3.1.2. Desenvolvimento de solução experimental

Para a definição da solução experimental foi avaliada a resistência de união da resina para núcleo a composto similar aos pinos de fibra de vidro, após a aplicação destas soluções, seguido de aquecimento a 120°C por uma hora.

Inicialmente, o composto ortosilicato de tetraetila (TEOS) (Sigma-Aldrich, St Louis, MO) foi diluído em n-Hexano (Synth, Diadema, SP, Brasil, lote 176251) e Isopropilamina (Sigma-Aldrich, St Louis, MO lote SHBF2400V). Para preparo da solução, os reagentes foram misturados com o auxílio de pipeta nas concentrações de 1, 5 e 10% de TEOS, mantendo-se a concentração de 1% de Isopropilamina.

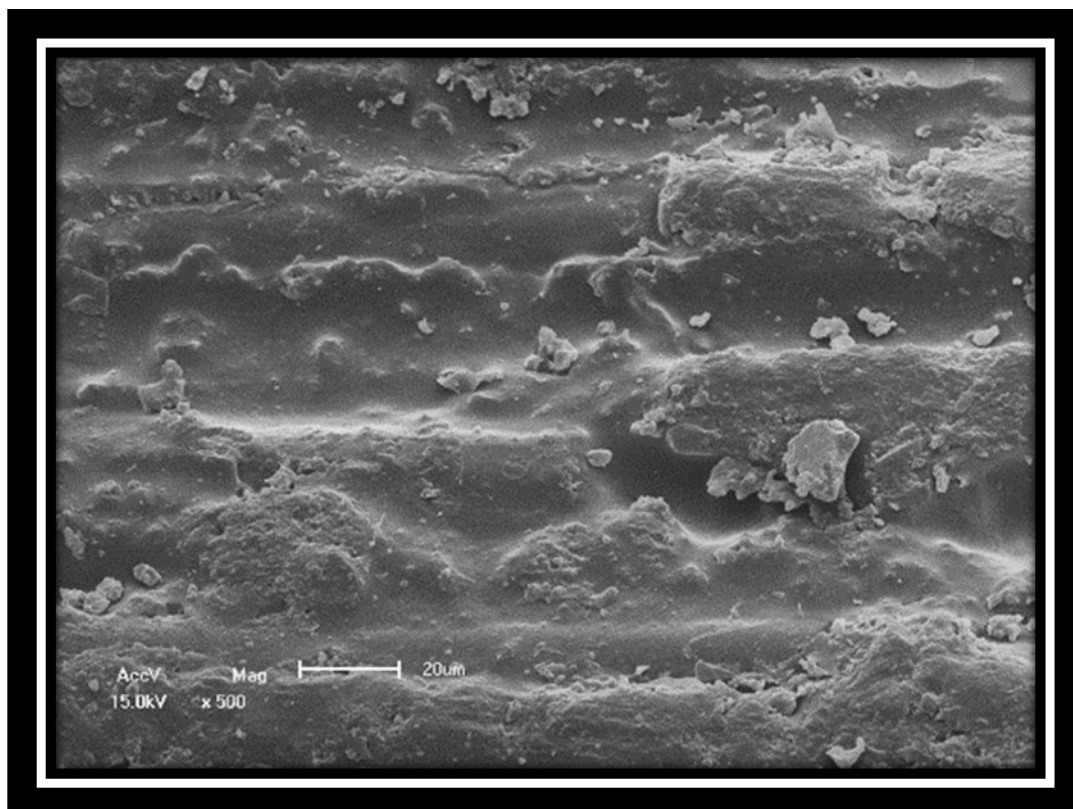


Figura 2 - Pino submetido a aquecimento a 120°C em magnitude 500X. Nenhuma alteração significativa foi encontrada

Para avaliar a resistência de união, foi utilizado o sistema de pânticos para próteses adesivas (Fibrex Lab Sistema Pântico, Angelus, Londrina, PR, Brasil), antes de serem torneados (Figura 5 a). Essa estrutura tem composição similar aos pinos, são compostos de fibra de vidro pré-tensionadas, envoltas por resina epóxica. A utilização desse material em detrimento aos pinos foi devido a realização da metodologia de microcissalhamento. Como esta etapa consistia em um projeto piloto, a metodologia escolhida foi a de execução mais rápida, já que não é necessária a etapa de corte.

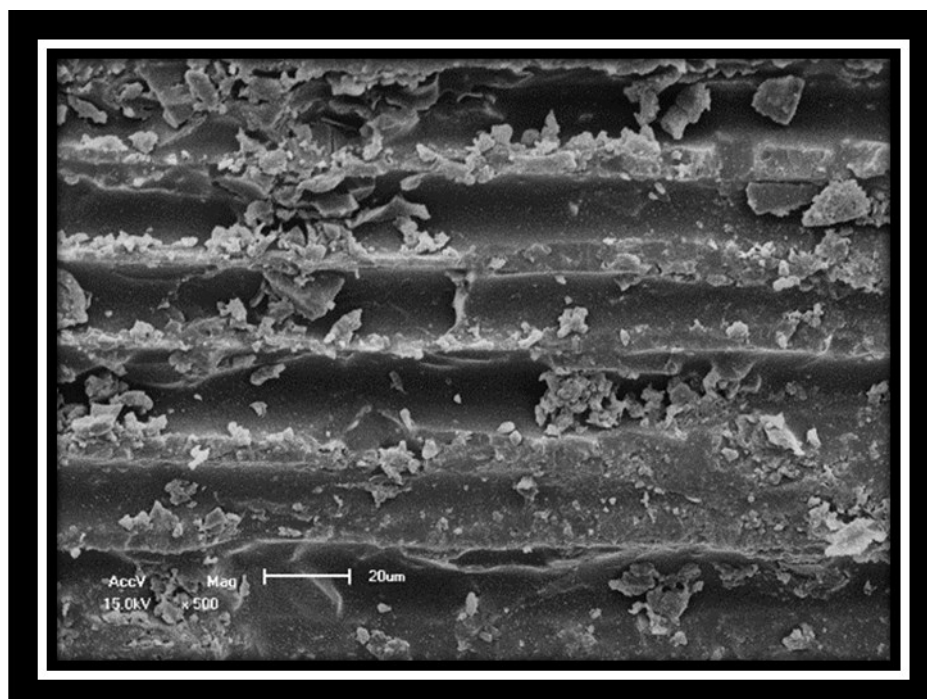


Figura 3 - Pino submetido a aquecimento a 150°C em magnitude 500X. Maior exposição de fibras e locais sugestivos de deslocamento da fibra foram percebidos.

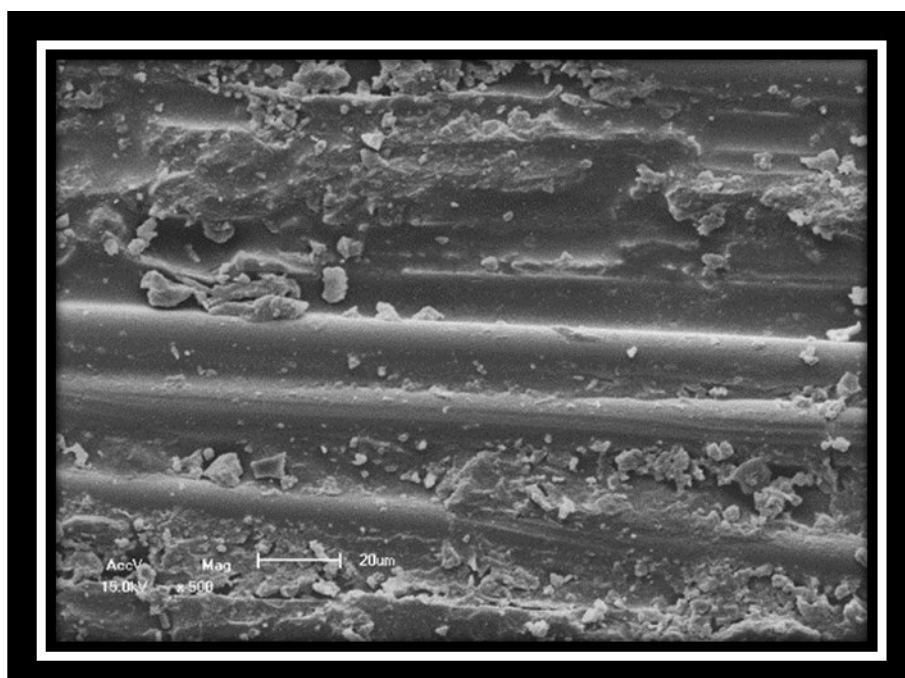


Figura 4 - Pino submetido a aquecimento a 170°C em magnitude 500X. Maior exposição de fibras foi observada.

A estrutura de fibra e resina epóxica foi, então, seccionada com o auxílio de disco diamantado de dupla face e foram obtidos espécimes retangulares (6 x 5 mm) (Figura 5B). Os espécimes foram fixados em cera utilidade e um cilindro de PVC (Odeme, Luzerna, SC, Brasil) posicionado sobre a mesma (Figura 5C). A resina de poliestireno foi proporcionada, manipulada e vertida no interior do cilindro (Figura 5D). Após inclusão, quatorze amostras foram utilizadas para análise da resistência de união (n=2).

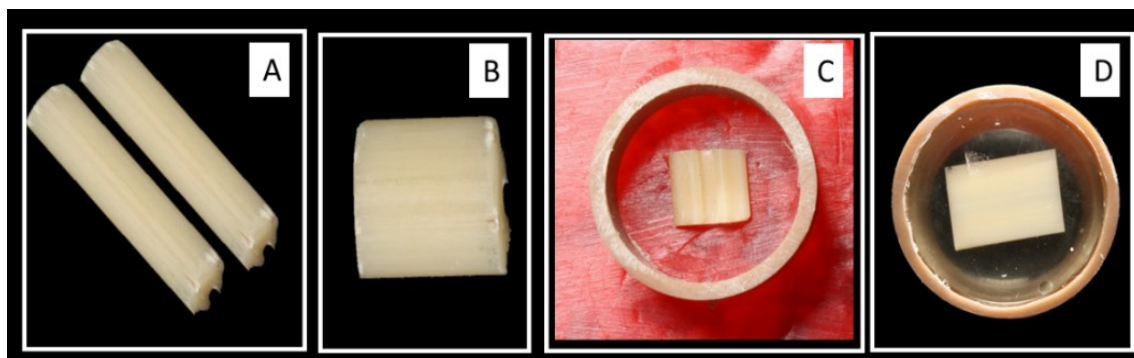


Figura 5 - Inclusão dos espécimes em resina de poliestireno. (A) Estrutura de resina epoxica e fibra, vendida comercialmente como pôntico de prótese adesiva; (B) Espécimes nas dimensões de 6 X 5 mm; (C) Fixação dos espécimes em cera utilidade; (D) Espécime incluído.

No grupo controle, nenhum tratamento foi realizado nas amostras. Para análise da solução experimental, foi testada também a aplicação prévia de peróxido de hidrogênio a 35% (Whiteness HP, FGM Produtos Odontológicos, Joinville, SC, Brasil) como descrito na Figura 6. Nos grupos onde o tratamento com o peróxido de hidrogênio foi realizado, a solução a 35% foi aplicada à superfície seguido da lavagem com água deionizada por um minuto e secagem com jato de ar por um minuto.

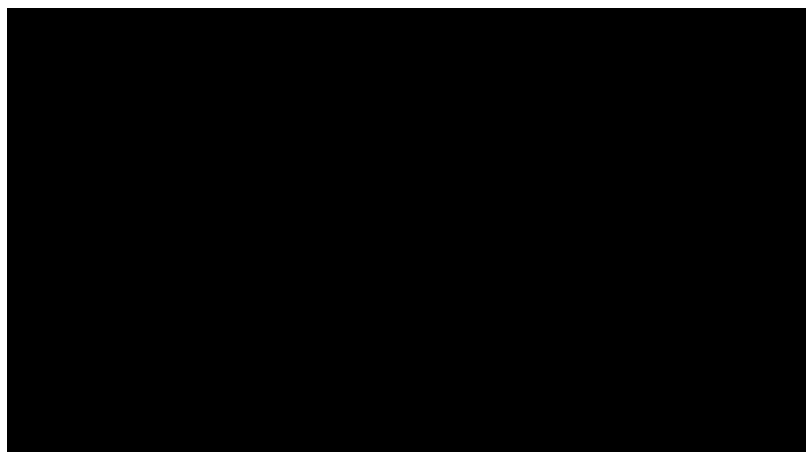


Figura 6 - Divisão dos grupos experimentais testados.

As soluções com diferentes concentrações de TEOS foram aplicadas com auxílio de microbrush (Cavibrush, FGM Produtos Odontológicos, Joinville, SC, Brasil). As amostras foram aquecidas em estufa de secagem a 120°C por uma hora. Após aquecimento, os corpos de prova para teste de microcisalhamento foram construídos pela técnica da matriz de silicone (Figura 7A). Uma camada de silano pré-hidrolisado (Prosil, FGM Joinville, SC, Brasil) foi aplicado na superfície. A resina de dupla polimerização para núcleo de preenchimento AllCem Core (FMG,) foi inserida no interior da matriz de silicone com o auxílio de uma sonda explorada (Figura 7 B). Após cinco minutos, os corpos de prova foram fotoativados com unidade fotopolimerizadora LED com potência de 800mW/cm<sup>2</sup> (Radian-Cal, SDI, Bayswater, Victoria, Australia) (Figura 7 C). As amostras foram armazenadas por 24h à temperatura de 37°C sobre condições de umidade.

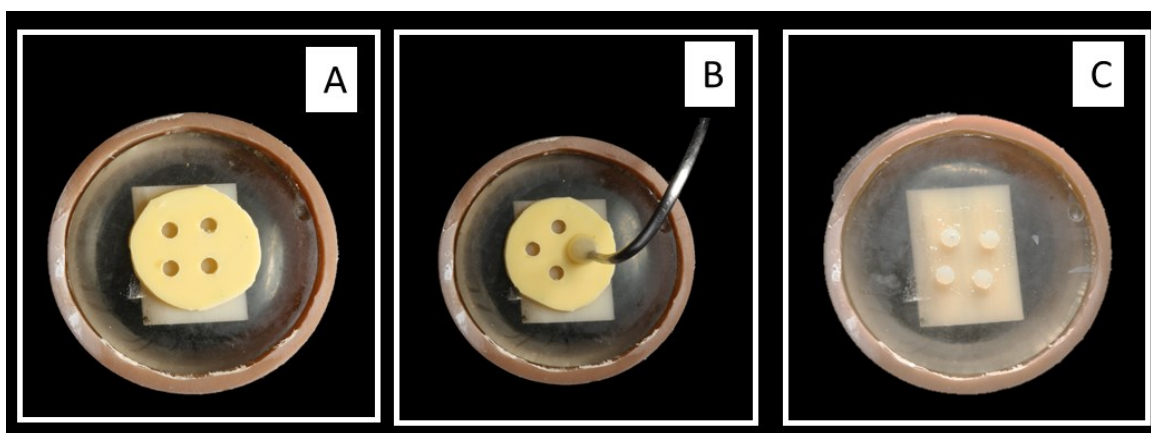


Figura 7 - Confeção dos corpos de prova para microcisalhamento. (A) Matriz de silicone para padronização dos corpos de prova; (B) inserção da resina composta na matriz; (C) Amostra finalizada.

O ensaio mecânico foi realizado por meio de dispositivo metálico desenvolvido especificamente para o ensaio de microcisalhamento. O dispositivo foi acoplado na base da máquina de ensaio mecânico (EMIC DL 2000, São José dos Pinhais, Paraná, Brasi) e o cilindro de resina de poliestireno foi posicionado nesse dispositivo, de forma que as restaurações ficassem perpendiculares à célula de carga de 20 Kgf. Um fio ortodôntico de 0,2 mm, foi posicionado circundando o cilindro de resina composta e a máquina

de ensaio mecânico foi acionada em carregamento de tração à velocidade de 0,5 mm/min, até ocorrer o rompimento dos espécimes (Figura 8).

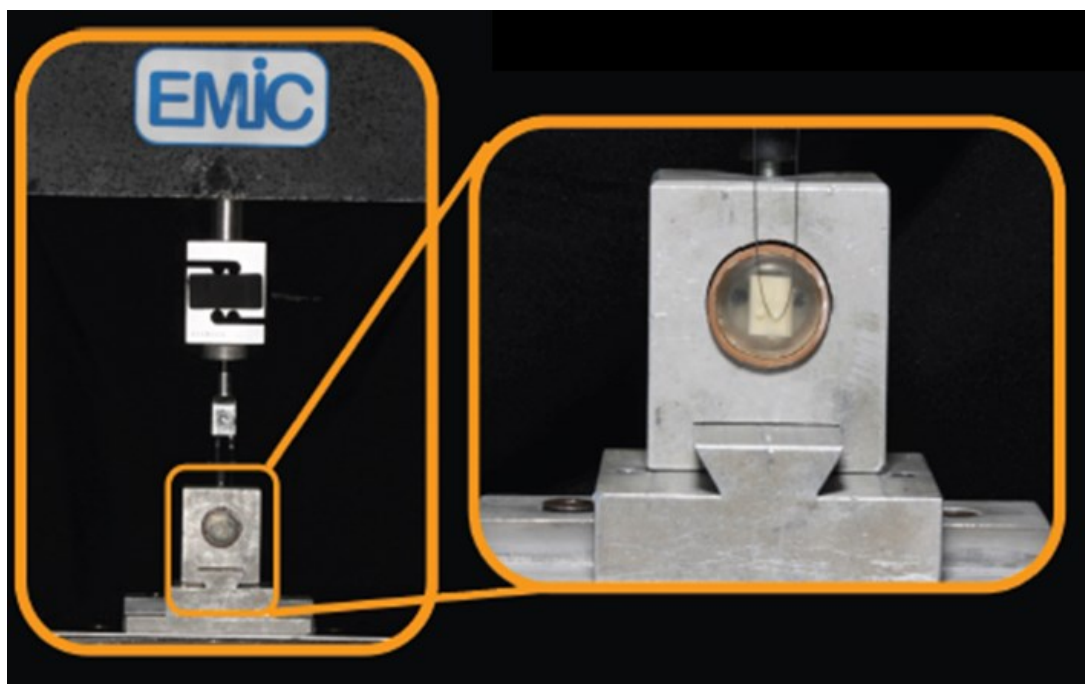


Figura 8 - Ensaio mecânico de microcisalhamento.

Os dados foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis e teste de Dunn. Os valores obtidos são expressos na Tabela 1. Não houve diferença estatística para nenhum dos tratamentos testados ( $p > 0,05$ ). Esse achado é atribuído ao fato de que temperaturas mais elevadas do que as utilizadas seriam necessárias para promover deposição de sílica reativa e elevar os valores de resistência de união (Oliveira-Ogliari et al., 2015).

Como os tratamentos testados não promoveram o aumento da resistência de união, um novo reagente foi proposto, além da tentativa de utilização do TEOS a 5% durante um maior tempo de aquecimento. Solução de 5% de 3-trimetoxisililpropilmetacrilato (MTPS) (Sigma-Aldrich, St Louis, MO, lote SHBF4059V) foi preparada com os mesmo reagentes descritos anteriormente, sendo utilizado 94,5% de n-Hexano e 0,5% de Isopropilaina. Oito amostras foram utilizadas nessa etapa ( $n=2$ ) e no grupo controle nenhum tratamento foi realizado.

Tabela 1. Médias de resistência união (MPa) e desvio padrão da resina composta a estrutura de fibra e resina epóxica (n=2). Apesar do teste não paramétrico, as medias são apresentadas como o objetivo de facilitar o entendimento.

<b>Tratamento de superfície</b>	<b>Resistência de união (MPa)</b>
Controle	8,9 ± 4,7 A
TEOS 1%	7,6 ± 3,6 A
TEOS 5%	13,4 ± 10,5 A
TEOS 10%	7,1 ± 2,9 A
H2O2 + TEOs 1%	9,2 ± 4,7 A
H2O2 + TEOs 5%	8,7 ± 4,4 A
H2O2 + TEOs 10%	10,2 ± 4,7 A

Letras iguais representam semelhanças estáticas entre os grupos analisados ( $p > 0,05$ ).

Nos grupos experimentais, a solução de MPTS foi aplicada e em metade das amostras, silanos pré-hidrolisados foram aplicados subsequente. Em outro grupo, foi aplicado a solução de TEOs a 5%, no entanto foi aquecida por 3 horas como descrito anteriormente. A divisão do grupos experimentais está descrita na Figura 9.

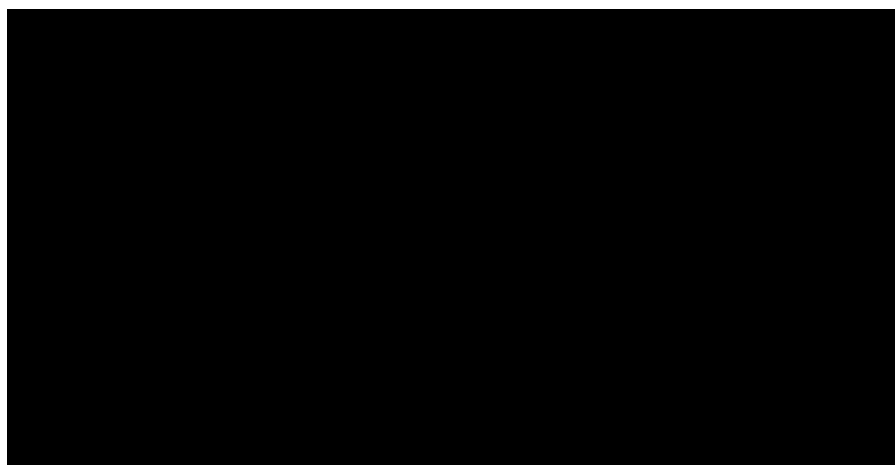


Figura 9 - Divisão dos grupos testados após primeiros resultado.

O ensaio mecânico de microcisalhamento foi realizado e os valores obtidos foram analisados pelo teste de Kruskal-Wallis e teste de Dunn. As médias obtidas estão apresentadas na Tabela 2. Foi detectada diferença estatisticamente significativa nos diferentes tratamentos realizados ( $P = <0,001$ ). A solução de MTPS promoveu aumento da resistência de união da resina à estrutura de fibra e resina epóxica. Não houve diferença estatisticamente significativa entre aplicação de silano ou não, após tratamento térmico. No entanto, devido ao número de amostras reduzidas utilizadas nesse projeto piloto, não é possível concluir que não é necessária a aplicação do silano.

Tabela 2. Médias de resistência união (MPa) e desvio padrão da resina composta a estrutura de fibra e resina epóxica (n=2). Apesar do teste não paramétrico, as medias são apresentadas como o objetivo de facilitar o entendimento

Grupo	Resistência de união (MPa)
Controle	8,9 ± 4,75 B
TEOS 5%	7,5 ± 0,2 B
MTPS + Silano	18,0 ± 3,0 A
MTPS sem Silano	21,5 ± 4,8 A

Letras iguais representam semelhanças estáticas entre os grupos analisados ( $p > 0,05$ ).

A partir dos resultados desse projeto piloto, para que o delineamento experimental pudesse ser executado com mais segurança, definiu-se a temperatura de 120°C e a solução de MTPS a 5%.

## 3.2. PROJETO EXPERIMENTAL

### 3.2.1. Delineamento Experimental

*Unidade Experimental:*

Pinos de fibra de vidro associados à resinas compostas e Pinos de Fibra de vidro submetidos à diferentes tratamentos de superfícies.

*Fatores em Estudo:*

- Tratamento de Superfície dos pinos em oito níveis: (S): Silano (S); (SA): S + Adesivo (A); (HS): Peróxido de Hidrogênio 35% ( $H_2O_2$ ) + S; (HSA):  $H_2O_2$  + S + A; (Si): Deposição térmica de siloxano; (SiS): Si + S; (SiA): Si + A; (SiSA): Si + S + A;

- Tipo do pino de fibra de vidro em dois níveis: (1) – White Post DC (FGM, Joinville, SC Brasil) e (2) – Exacto (Ângelus, Londrina, PR, Brasil).

*Variáveis Respostas:* Resistência de União, Resistência Flexural, Módulo de Flexão e Rigidez.

*Métodos de Análise:* Para análise da resistência de união será feito o ensaio mecânico de microtração. Para análise da resistência flexural, módulo de flexão e rigidez será feito o ensaio mecânico de flexão de três pontos.

### **3.2.2. Ensaio Mecânico de microtração**

#### **Divisão dos Grupos Experimentais**

Para avaliar a resistência de união, 208 pinos de fibra de vidro, 104 White Post DC3 (FGM Produtos Odontológicos, Joinville, SC, Brasil) e 104 Exacto 3 (Ângelus, Londrina, PR, Brasil) foram divididos, aleatoriamente, em oito grupos ( $n=13$ ) para cada tipo de pino. Para determinar do número de amostras por grupo foi realizado cálculo amostral à partir dos dados de resistência de união encontrados na literatura, desvio padrão médio de 20%, 30% de diferença mínima detectável, poder de teste 30% e  $\alpha$  5%. A divisão dos grupos está esquematizado na Figura 10.

#### **Tratamento de superfície dos pinos**

Antes do tratamento de superfície, todos os pinos foram limpos com álcool 70%. No grupo controle (S), foi aplicada uma camada de silano (Prosil, FGM Produtos Odontológicos) e aguardou-se a volatilização dos solventes por 60s, sendo esse procedimento repetido para todos os grupos em que o silano foi aplicado. Para SA foi realizada a aplicação de silano (S), posteriormente foi aplicada uma camada do adesivo convencional de 3 passos (apenas o *Bond*)

(Scotchbond, 3M Espe, St Paul, MN) e fotoativado com unidade fotopolimerizadora LED com potência de 800mW/cm<sup>3</sup> (Radii-Cal, SDI, Bayswater, Victoria, Australia) por 20s cada face, totalizando 40s de fotoativação.

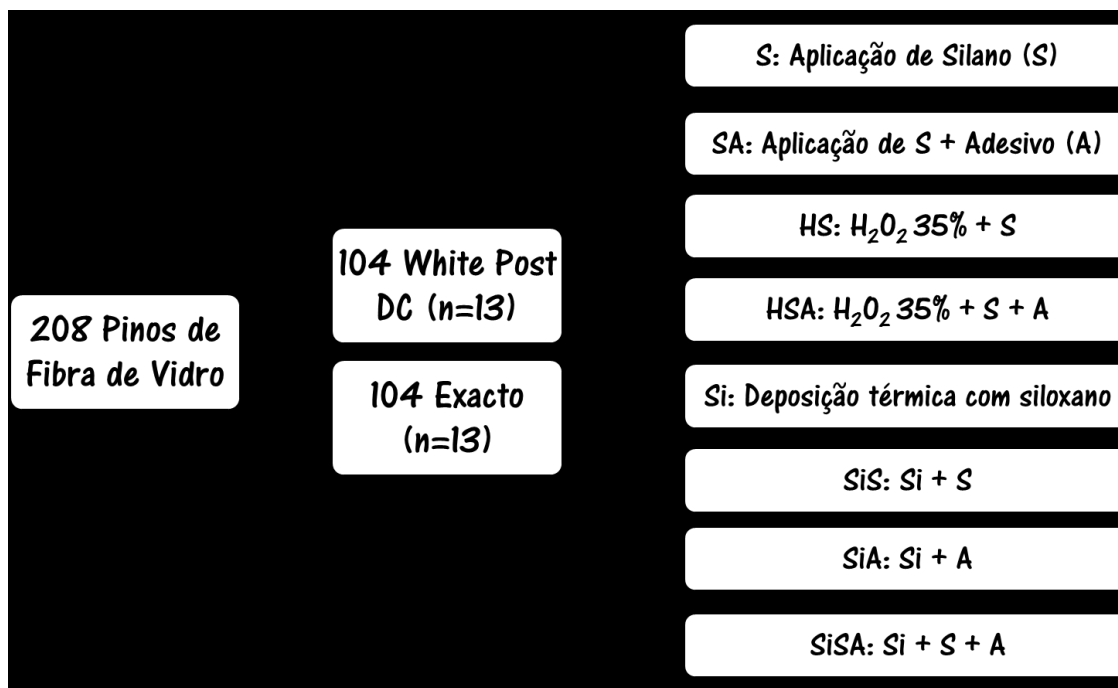


Figura 10 - Divisão dos grupos experimentais para microtração.

No grupo HS foi feita a aplicação de peróxido de hidrogênio 35% (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (Whiteness HP Max, FGM) com *microbrush*, vendido comercialmente para clareamento dental, utilizado durante 60 s. Em seguida, os pinos foram lavados por 60 s com água deionizada, secos com jatos de ar por 60 s e em seguida aplicado uma camada de silano. No grupo HSA foi feito o condicionamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e aplicação do silano como descrito para o grupo HS, seguido da aplicação de um camada de adesivo e fotoativação.

Para os grupos experimentais, onde se esperava que ocorresse a deposição térmica de siloxano (Si, SiS, SiA, SiSA), a solução experimental de MTPS a 5% foi preparada como descrita no projeto piloto e os pinos foram imersos em 2 ml dessa solução por 60 s. Posteriormente, as amostras foram aquecidas a 120° C por 1 hora em estufa de secagem. Após o aquecimento no grupo SiS foi aplicada uma camada de silano. No SiA foi aplicado uma camada

de adesivo e fotoativado por 40 s. Em SiSA foi aplicada uma camada de silano seguida de uma camada de adesivo.

### Confecção do núcleo de preenchimento

As restaurações em resina composta para núcleo de preenchimento de dupla ativação (Allcem Core, FGM) foram confeccionadas como descrito por de Sousa Menezes et al., 2011. Inicialmente, foi confeccionada uma matriz para padronização das amostras. Para confecção dessa matriz, um pino de fibra de cada marca foi posicionado sobre cera utilidade e duas placas de acetato com dimensões 8x4x1mm fixadas as laterais da porção cilíndrica do pino com adesivo à base de cianocrilato (Super Bonder, Loctite, Brasil)(Figura 11A). A matriz foi posicionada sobre a cera, de forma perpendicular, e um cilindro de PVC de 20mm de diâmetro e 15mm de altura foi posicionado sobre este conjunto cera e matriz(Figura 11B). O silicone de adição translúcido(Elite transparent, Zhermack, Badia Polesine, Italia) foi manipulado e vertido no interior do cilindro de PVC(Figura 11C). Após a polimerização foi obtido a impressão da matriz, cujo interior reserva o espaço do pino e das placas de acetato (Figura 11D).

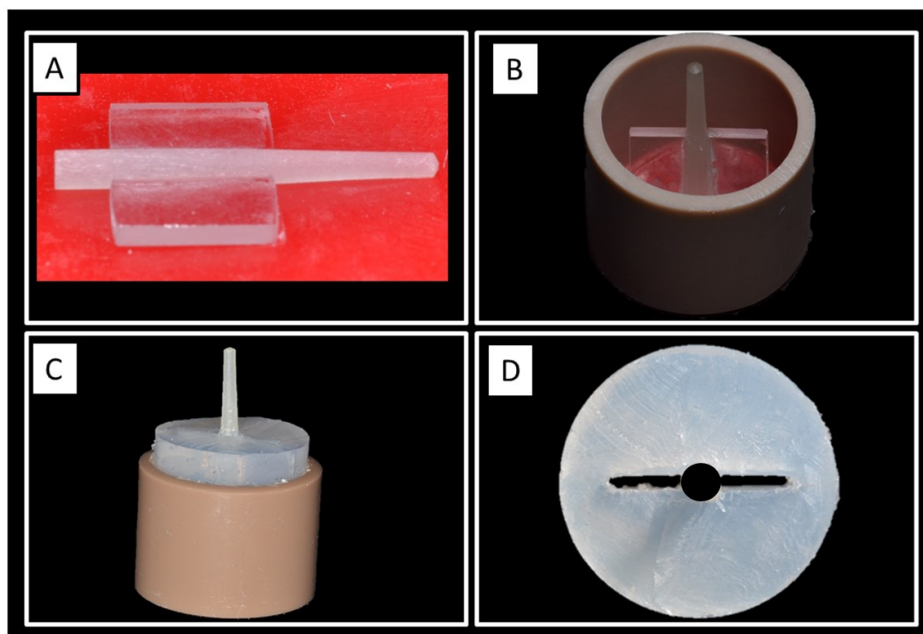


Figura 11 - Confecção de molde para padronização das amostras. (A) Matriz composta por pino e placas de acetato. (B) Posicionamento do pino perpendicular a cera utilidade. (C) Remoção do molde do cilindro de PVC. (D) Aspecto final da impressão, com espaço equivalente ao pino e das placas de acetato, que posteriormente será preenchimento com resina para núcleo.

Após o tratamento de superfície específico de cada grupo, o pino foi inserido no interior do molde de silicone no espaço correspondente ao do pino (Figura 12A) e em seguida, a resina composta para núcleo de preenchimento (Allcem Core, FGM Produtos Odontológicos) foi inserida nos espaços correspondentes ao das placas de acetato com auxílio de ponta aplicadora de auto mistura da própria resina (Figura 12B), somete a porção cilíndrica do pino foi aderida a resina composta. Aguardou-se 5 minutos para a polimerização química da resina e após esse tempo as amostras foram fotoativadas com unidade fotopolimerizadora de LED (Radii-Cal, SDI, Bayswater, Victoria, Australia) por 40 segundos de cada lado, totalizando 80 s de fotoativação (Figura 12C). Após remoção das amostras foi realizada fotoativação adicional por 40 s removidas (figura 12D) e foram armazenadas em água destilada a 37°C.

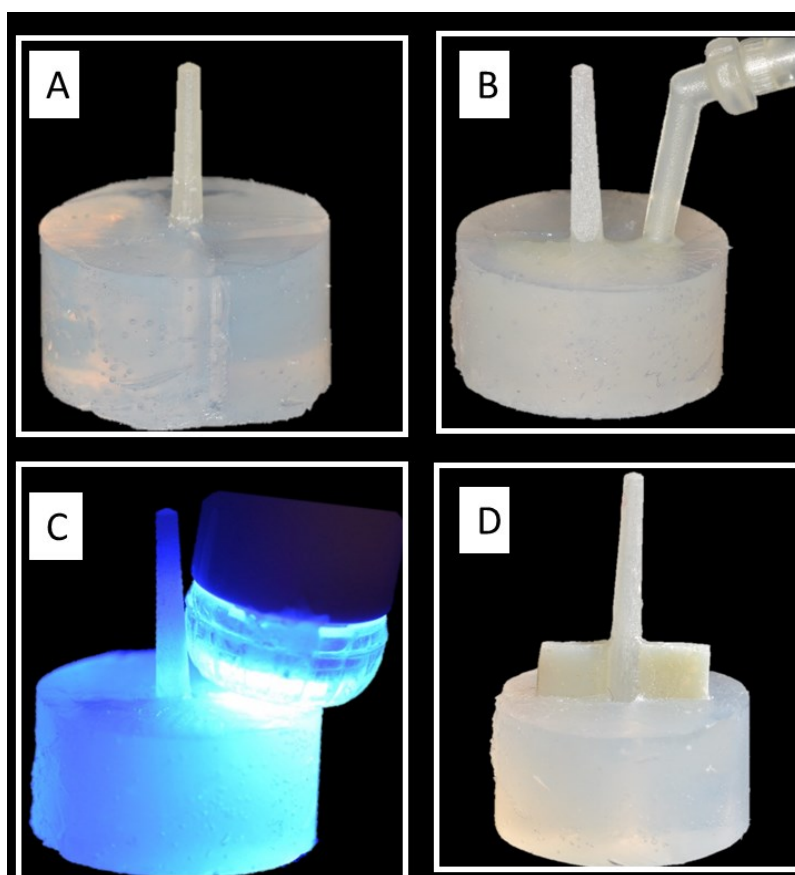


Figura 12 - (A) Pino inserido no interior do molde de silicone (B) inserção da resina composta (C) fotoativação (D) remoção da amostra.

### Corte das amostras em cortadeira de precisão

Após 24 horas, as amostras foram fixadas em placas acrílicas com cera pegajosa (Figura 13A) e levadas à cortadeira de precisão (Extex, Enfield, CT, USA) (Figura 13B), onde foram realizados cortes seriados, perpendiculares ao longo eixo do pino, utilizando disco de diamante de dupla face, refrigerado por água, em velocidade de corte calibrada em 250 rpm (Figura 13C). Foram obtidas de 2 a 3 fatias por amostra (Figura 13D), com diâmetro de aproximadamente  $1\text{mm}^2$ , em formato de palito, constituídas por resina/pino/resina (Figura 13E).

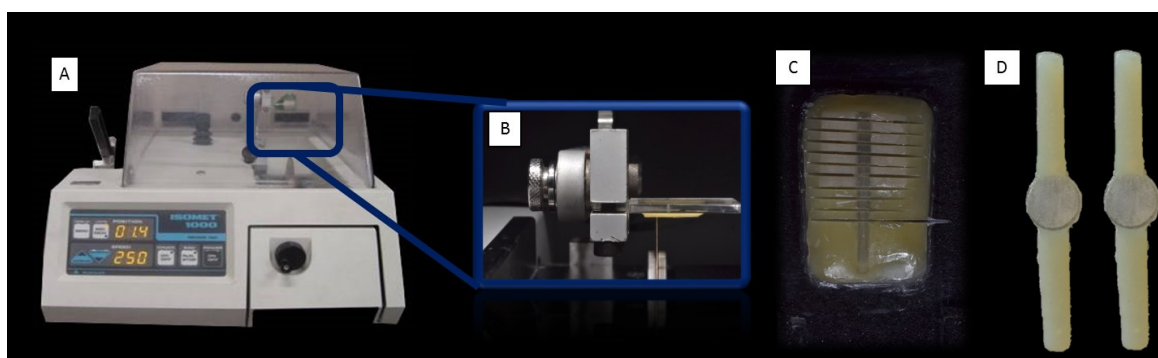


Figura 13 - (A) cortadeira de precisão Extex. (B) Cortes seriados perpendiculares ao longo do eixo do pino com disco de diamante refrigerado com água. (C) Amostra aderida à placa de acrílico com cera pegajosa após corte. (D) Amostra em forma de palito após corte.

### Ensaio Mecânico de Microtração

Foi utilizada a máquina de ensaios mecânicos Microtensile OM100 (Odeme, Luzerna, SC, Brasil) (Figura 14A). Dois palitos correspondentes a cada amostra, foram fixados à garra do dispositivo para microtração (Jig de Geraldeli, Odeme) utilizando adesivo à base de cianocrilato em gel (Figura 14B) como descrito por Raposo et al. em 2012. Em seguida, a máquina de ensaio mecânico foi acionada em carregamento de tração à velocidade de  $0,7\text{ mm/min}$ , até ocorrer o rompimento dos espécimes.

Após o teste, as amostras foram removidas do Jig de Geraldeli com dispositivo específico para remoção das amostras e a área transversal no local da fratura foi medida com paquímetro digital (Mitutoyo, Tokyo, Japão). As médias dos valores obtidos pelos dois palitos foram consideradas como valor de resistência de união da amostra (unidade experimental) (MPa).

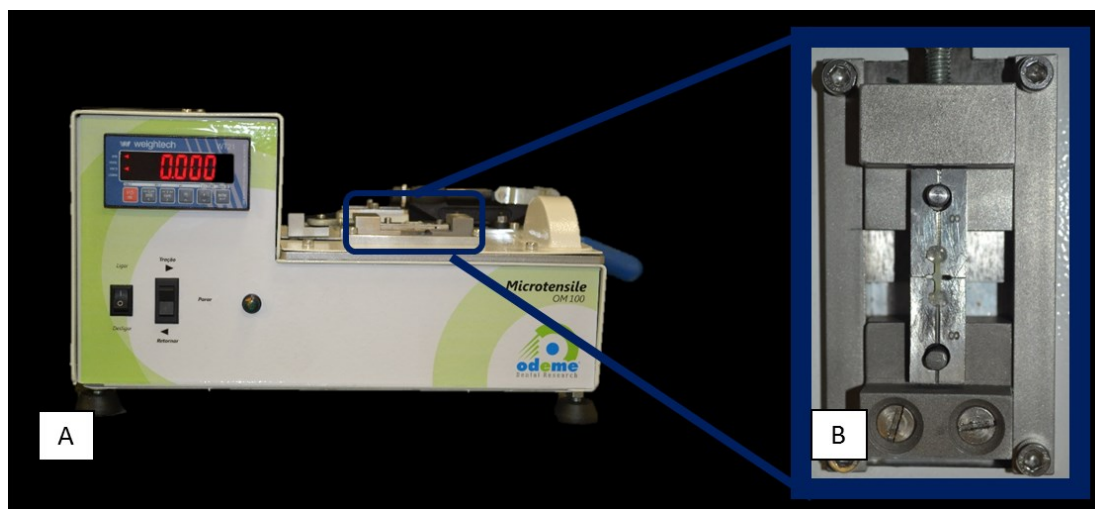


Figura 14 - (A) Máquina de ensaios mecânicos (Microtração OM100; Odeme); (B) Amostra fixada na garra do dispositivo para microtração.

### 3.2.3 Ensaio de resistência flexural de três pontos

Para a realização da análise das propriedades mecânicas 36 pinos foram utilizados, sendo 18 White Post DC3 e 18 Exacto 3 ( $n=6$ ). Para a determinação do número de amostras por grupo foi realizado cálculo amostral onde foram considerados os dados de resistência flexural encontrados na literatura, desvio padrão médio de 15%, 30% de diferença mínima detectável, poder de teste 30%, e  $\alpha$  5%. Os pinos apresentam-se com dois formatos, cilíndrico em uma extremidade e cônico na outra, sendo que a porção cilíndrica possui 8 mm e comprimento total de 20 mm (valores aproximados). As medidas dos diâmetros são de 1,8 e 2 mm para Exacto e White Post DC, respectivamente, na porção cilíndrica.

Foram realizados os tratamentos de superfície com o  $H_2O_2$  e deposição térmica de siloxano-metacrilato como descrito anteriormente, entretanto, não houve aplicação de silano e adesivo. No grupo controle não foi realizado nenhum tratamento, somente limpeza com álcool 70%. A divisão dos grupos experimentais para esta metodologia está descrita na Figura 15.

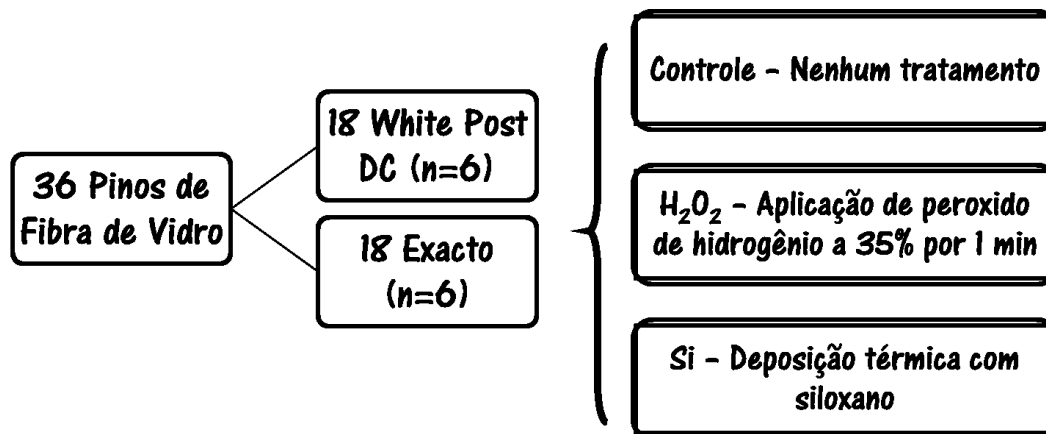


Figura 15 - Divisão dos grupos experimentais para análise das propriedades mecânicas.

Para a realização desse teste foi utilizado dispositivo com base metálica em aço inoxidável contendo duas barras suspensas com 2,0 mm de diâmetro, dispostas paralelamente entre si e distantes 6,0 mm, onde foram apoiadas as amostras (Novais et al., 2011). A ponta de aplicação de carga, com formato circular e diâmetro de 0,3 mm, foi fixada à célula de carga de 50Kgf para realização do ensaio mecânico de resistência flexural de três pontos (Figura 16). Após o dispositivo ser acoplado à máquina de ensaio mecânico (EMIC DL 2000, São José dos Pinhais, Brasil), as amostra foram posicionadas centralizadas sobre as duas barras do dispositivo, sendo considerado para o teste somente a porção cônica do pino. Na porção central da amostra foi aplicado carregamento de compressão com velocidade de 0,5 mm/minuto até a falha dos espécimes (Figura 7b). O valor de carga máxima (N) foi dividido pela área da secção transversal da barra. Para obtenção dos valores de resistência flexural, calculados por meio da seguinte equação (Cheleux & Sharrock, 2009):

$$\sigma = 8F_{\text{Max}} L / \pi d^3$$

Onde “ $\sigma$ ” é a resistência flexural (Mpa),  $F$  carga máxima até o momento da fratura (N),  $L$  distância entre os suportes (8,0 mm),  $d$  é o diâmetro da amostra testada correspondente ao ponto de aplicação de carga (mm). O módulo de flexão será calculado pela fórmula:  $E = S4L^3 / (3\pi d^4)$ . Sendo que,  $S = F / D$ , que é a rigidez (N/m).

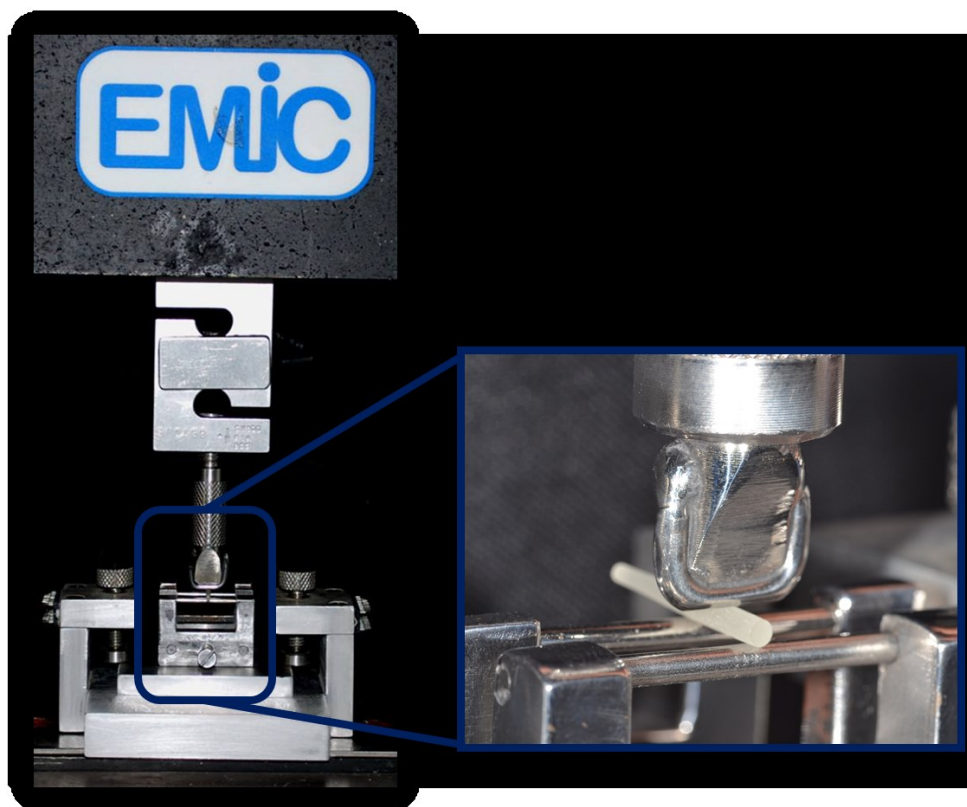


Figura 16 - Ensaio mecânico de resistência flexural de três pontos.

#### **3.2.4. Análise Estatística dos dados**

Os dados foram tabulados e analisados pelo programa SigmaPlot 12.0. Para verificar se possuíam distribuição normal e homogênea, foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk. Os requisitos de normalidade foram obtidos ( $\alpha > 0,05$ ) e realizada análise de variância fatorial em dois fatores, seguido do teste de Tukey para comparação entre os grupos.

## ***RESULTADOS***

---

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Resistência de união

Os resultados de resistência de união em MPa (média e desvio padrão) para os diferentes tratamentos de superfície e dois tipos de pinos utilizados nesses estudo são apresentados na Figura 17.

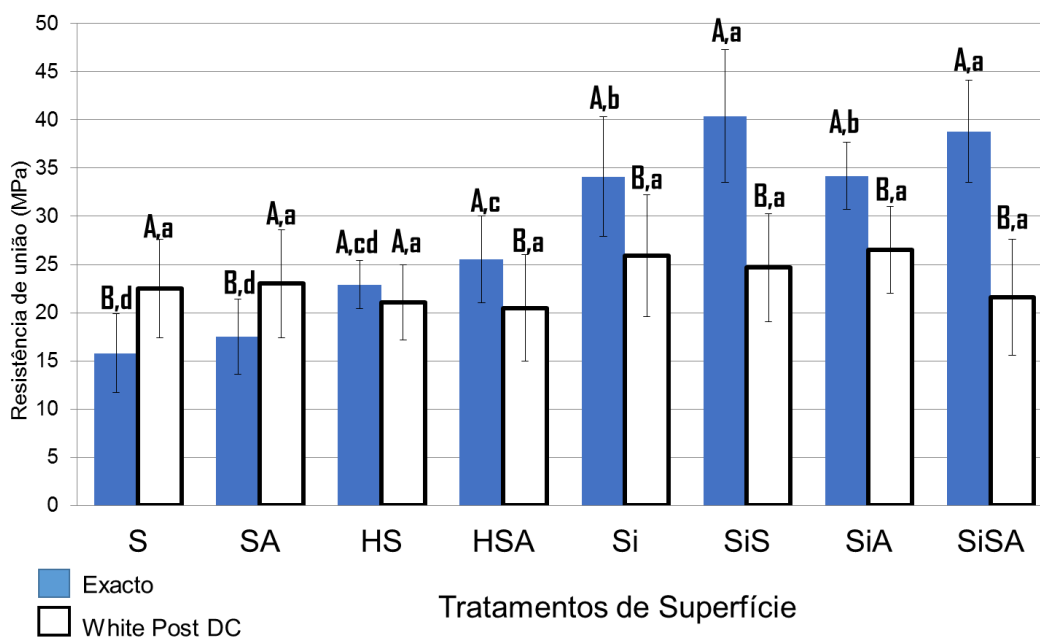


Figura 17 – Gráfico de resistência de união dos pinos de fibra ao núcleo de preenchimento, após os diferentes tratamentos de superfície. Letras maiúsculas indicam comparações entre os pinos, letras minúsculas indicam comparações entre os grupos. Letras semelhantes revelam que não houve diferença estatística entre as comparações realizadas ( $p > 0,005$ ).

A análise de variância de dois fatores revelou que a resistência de união foi significativamente afetada pelo tipo de pino ( $P < 0,001$ ), pelo tipo de tratamento de superfície ( $P < 0,001$ ) e pela interação dos fatores ( $P < 0,001$ ).

O teste de Tukey mostrou que os grupos controle e SA do pino Exacto apresentaram os menores valores de resistência de união. Enquanto que nos grupos onde foi realizada a deposição térmica de siloxano-metacrilato foram obtidos os melhores resultados, sendo que os maiores valores foram dos grupos SiS e SiSA. Em Si e SiA foram obtidos valores inferiores aos grupos onde houve deposição de siloxano seguido da aplicação de silano, porém,

foram superiores aos demais grupos. Os grupos que receberam tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, HS e HSA, apresentaram médias superiores ao controle, no entanto, menores que os grupos onde ocorreu deposição de silonaxo-metacrilato.

Para os pinos White Post DC nenhum tratamento de superfície afetou os valores de resistência de união ( $P=0,07$ ). Os grupos S e SA deste pino tiveram valores superiores aos mesmos grupos dos pinos Exacto. Os demais grupos apresentaram o mesmo valor (HS) ou menores (HSA, Si, SiS, SiA, SiSA) médias que os grupos do pino Exacto.

#### 4.2. Resistência à flexão, Módulo de Flexão e Rigidez

Nas figuras 18, 19 e 20 foram apresentados os resultados de resistência à flexão em MPa, módulo de flexão em GPa e rigidez em N/mm para os diferentes tratamentos de superfície e dois tipos de pinos utilizados nesses estudos.

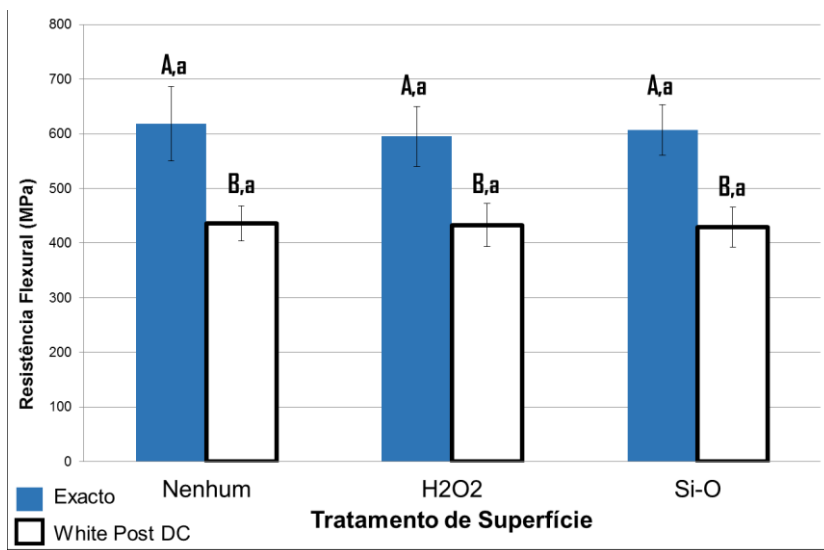


Figura 18 - Gráfico da resistência flexural dos pinos de fibra de vidro após os diferentes tratamento de superfície. Letras maiúsculas indicam comparações entre os pinos, letras minúsculas indicam comparações entre os grupos. Letras semelhantes revelam que não houve diferença estatística entre as comparações realizadas ( $p > 0,005$ ).

O teste de ANOVA *two-way* mostrou que o tratamento de superfície não afetou a resistência flexural ( $P=0.797$ ), módulo de flexão ( $P=0.712$ ) e rigidez ( $P=0.945$ ). No entanto, as propriedades mecânicas foram significativamente

afetadas pelo tipo de pino ( $P < 0.001$ ). O pino Exacto apresentou maiores valores de resistência flexural e módulo de flexão. Enquanto que o pino White Post DC obteve maiores valores de rigidez

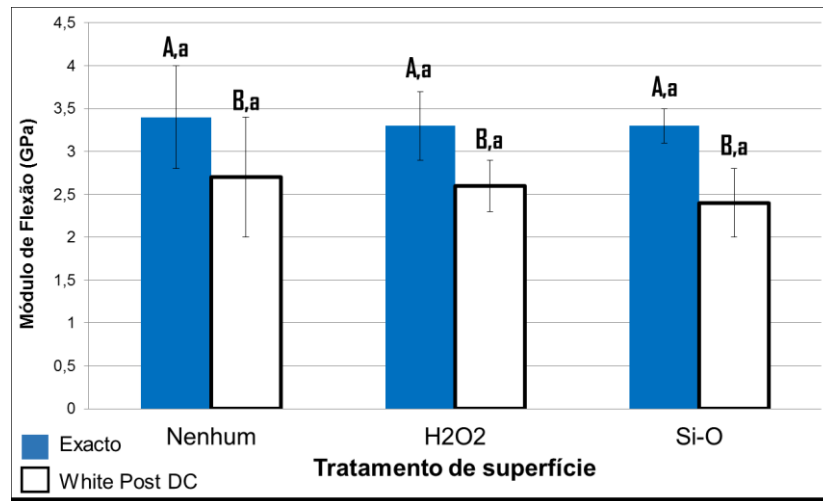


Figura 19 - Gráfico do módulo de flexão dos pinos submetidos a diferentes tratamentos de superfície. Letras maiúsculas indicam comparações entre os pinos, letras minúsculas indicam comparações entre os grupos. Letras semelhantes revelam que não houve diferença estatística entre as comparações realizadas ( $p > 0,005$ ).

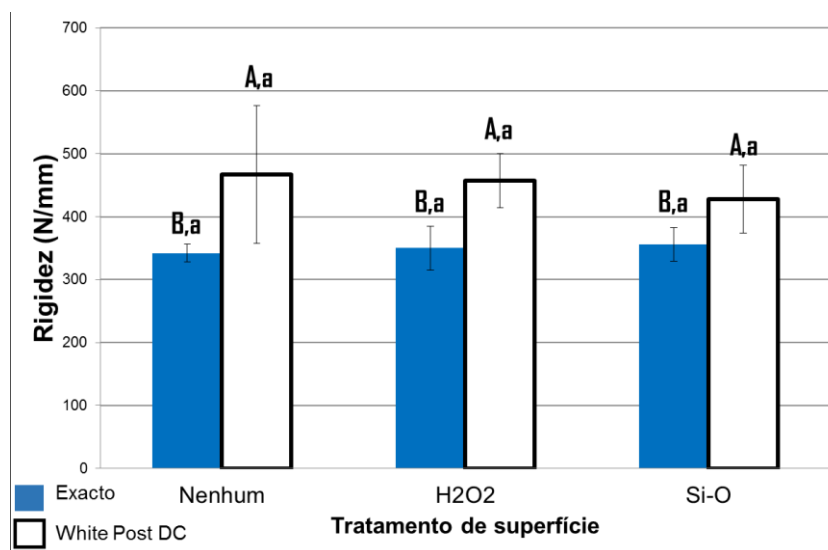


Figura 20 - Gráfico da rigidez dos pinos submetidos a diferentes tipos de tratamento de superfície. Letras maiúsculas indicam comparações entre os pinos, letras minúsculas indicam comparações entre os grupos. Letras semelhantes revelam que não houve diferença estatística entre as comparações realizadas ( $p > 0,005$ ).

## ***DISCUSSÃO***

---

## 5. DISCUSSÃO

O uso de solução experimental de MTPS aliada ao tratamento térmico promoveu o revestimento com siloxano-metacrilato que resultou em melhor adesão do pino de fibra de vidro a resina do núcleo de preenchimento sem afetar suas propriedades mecânicas. No entanto, o aumento da resistência de união ocorreu somente no pino Exacto, sendo que o tratamento com  $H_2O_2$  apresentou o mesmo comportamento. Esses achados indicam que o tratamento de superfície e a reação da solução de MTPS é dependente da composição da superfície do pino. Os pinos utilizados nesse estudo são constituídos de aproximadamente 80% e 20% de fibra e resina epóxica, respectivamente (informações dos fabricantes). Contudo, os fabricantes do White Post DC recomendam que, sobre a superfície dos seus pinos, seja realizado tratamento apenas com silano. Eles afirmam realizar tratamento de superfície durante o processamento do pino para que não seja necessária a realização de condicionamentos ou etapa adicionais de tratamento de superfície durante o procedimento clínico. Provavelmente, o tratamento realizado pelos fabricantes do White Post DC altera a composição da superfície do pino e impede que a solução experimental de MTPS produza o recobrimento com siloxano.

O grupo S (controle) do White Post DC apresentou valores superiores ao controle do Exacto. Esses achados demonstram que algum tratamento de superfície é realizado no White Post DC durante seu processo de fabricação. Entretanto, nenhuma informação adicional foi dada pelos fabricantes deste pino, assim é desconhecida a natureza desse tratamento de superfície. Este fato é um complicador da utilização desse material, uma vez que são desconhecidos os cuidados que devem ser tomados durante o manuseio do pino. Além disso, a estabilidade deste tratamento também não é conhecida.

Silanos em sua forma pré-hidrolizada têm sido amplamente utilizados em odontologia (Zicari et al., 2012). Normalmente, esses silanos são compostos pelo o MTPS, organosilano utilizado nesse estudo. No entanto, são diluídos em etanol ou água, sendo a reação catalisada pelo ácido acético (Lung & Matinlinna, 2012). No presente estudo, a reação do MTPS foi iniciada por

meio da adição da isoprolamina, provocando de uma hidrólise alcalina. A hidrólise alcalina promove a mesma reação que soluções ácidas: quebra da ligação química (oxigênio e carbono) e substituição com a adição dos elementos da água (Habekost et al., 2013). No caso de materiais aplicados *in situ* (silanização na clínica, por exemplo), dá-se preferência a materiais ácidos, pois a superfície silanizada tende a ficar ácida (Lung & Matinlinna, 2012) e os demais componentes aplicados, como os cimentos autoadesivos e adesivos simplificados, também possuem caráter ácido (Oliveira et al., 2011; Reis et al., 2013). Assim, se resíduos alcalinos permanecessem na superfície, a neutralização dessas substâncias ocorreria, impedindo a correta atuação dos materiais. No estudo em questão, isso não ocorreu devido o tratamento térmico, haja vista que altas temperaturas promovem a evaporação de todos os solventes e subprodutos da reação (Liu et al., 2001).

A utilização da solução em concentração de 5% foi determinada com base em evidências que descrevem que a alta concentração de silano tem efeito negativo sobre a resistência de união (Debnath et al., 2003). Quando soluções em concentrações maiores que 5% são aplicadas, há a formação de uma rede de siloxano mais espessa, apresentando uma estrutura de múltiplas camadas. Dessa forma, algumas das moléculas do MTPS não se ligam à superfície, tornando essa interface frágil (Shen et al., 2004).

A resistência de união na interface adesiva é dependente das forças de interação (van der Waals, ligações de hidrogênio e covalente), entre a superfície do pino e materiais resinosos (Debnath et al., 2003). O resultado da reação dos organosilanos com a superfície é a alteração da molhabilidade e das características de adesão, aumentando, assim, a habilidade de formar ligações covalentes entre os substratos orgânicos e inorgânicos (Habekost et al., 2013). Quando a solução de MTPS a 5% foi utilizada nos grupos Si, SiS, SiA e SiSA do pino Exacto, várias camadas de siloxano foram formadas por meio de ligações covalentes. As camadas formadas mais profundas são fortemente reticuladas e por isso promovem uma ligação mais forte (Habekost et al., 2013). Ao passo que as camadas superficiais e intermediárias formam ligações mais frágeis com a camada profunda de siloxano. Dessa forma, essas

camadas superficiais podem ser facilmente removida por solventes orgânicos ou água (Shen et al., 2004).

Quando o tratamento térmico foi realizado, após a aplicação da solução experimental de MTPS, ocorreu a consolidação dessas múltiplas camadas em uma camada altamente reticulada, melhorando a resistência de união aos pino de fibra de vidro (Shen et al., 2004). Altas temperaturas promovem a eliminação da água, solventes e outros subprodutos da reação de condensação, promovendo a formação de siloxanos sem componentes adicionais (Barghi et al., 2000). Além disso, como explicado anteriormente, com o tratamento térmico há o aumento das ligações disponíveis para reação entre a superfície e o silano. Deste modo, mesmo com poucas fibras expostas, há a formação de uma rede densa e altamente reticulada de siloxanos reativos recobrando toda a superfície do pino. A reação é completada por meio do grupo funcional orgânico metacrilato presente no silano. Esse grupo permanece reativo durante um tempo prolongado na superfície recoberta por siloxano após a eliminação dos solventes. Assim, o grupo funcional metacrilato consegue copolimerizar com os monômeros resinosos (Barghi et al., 2000). Estas reações explicam as altas médias dos grupos submetidos ao revestimento com siloxano-metacrilato após deposição térmica.

A aplicação de silanos pré-hidrolisados convencionais, após a deposição térmica de siloxano-metacrilato, resultou nos valores mais altos de resistência de união desse estudo (grupos SiS e SiSA). Uma possível explicação para este resultado é que o processo de aplicação dos silanos disponíveis comercialmente pode produzir uma adesão mais rígida entre os pinos e os compósitos resinosos (Kim et al., 2013). Esses achados corroboram com estudos prévios onde a utilização de silanos não funcionais para obtenção da camada de siloxano foi melhorada pela aplicação de silanos pré-hidrolisados. Além disso, a combinação de um organosilano com rede de siloxano melhora a estabilidade hidrolítica das ligações (Matinlinna et al., 2007). A temperatura pode provocar polimerização entre as moléculas do MTPS, assim, quando a camada de silano pré-hidrolisado foi aplicada, ocorreu a união mais efetiva entre as novas moléculas de silano com as ligações siloxanas já depositadas e

entre os metacrilatos do silano com o adesivo ou resina (Bajpai, 1999). Assim, uma rede de siloxano rígida é formada e consequentemente, mais energia é necessária para quebrar as ligações cruzadas. Por isso, a penetração das moléculas de água na camada interfacial se torna cada vez mais difícil. Outro aspecto relevante é o aumento da molhabilidade da superfície de siloxano após a aplicação de silanos pré-hidrolisados (Lung & Matinlinna, 2012), melhorando a interação dos cimentos com a superfície de siloxano. Outro fato que também pode explicar este aumento é que os silanos pre-hidrolizado possuem caráter ácido, devido à hidrólise promovida pela ácido acético (Zicari et al., 2012). Assim, eles possuem mais afinidade pelos monômeros resinosos, que também, possuem caráter ácido aplicados na superfície subsequentemente.

A utilização dos adesivos resinosos não afetaram a resistência de união em nenhum tratamento utilizado nesses estudo. Estes achados contradizem estudos prévios onde a utilização de resinas adesivas, após a utilização de silanos, aumentou a resistência de união ao núcleo de preenchimento (de Sousa Menezes et al., 2011). A resina composta para núcleo de preenchimento utilizada nesse estudo é um compósito com característica de fluidez, assim foi capaz de penetrar nas porosidades do pino e promover intimo contato com a superfície (Monticelli et al., 2005), provavelmente por isso o uso do adesivo não afetou a resistência de união. Além disso, a aplicação de uma camada de adesivo sobre a superfície do pino cria uma nova interface adesiva que pode ser propensa a falhas (Leme et al., 2013).

O tratamento com  $H_2O_2$  também foi mais efetivo que a aplicação de silano somente para o pino Exacto, entretanto foi menor que a deposição de siloxano. O tratamento com peróxido de hidrogênio é bem estabelecido na literatura (de Sousa Menezes et al., 2011; Elsaka, 2013; Kim et al., 2013; Menezes et al., 2014; Monticelli et al., 2006b) por ser uma técnica simples e acessível para o uso clínico. Inicialmente, foi descrito que a imersão do pino em soluções de 24% ou 50% de  $H_2O_2$  por 1 min promovia o aumento da resistência de união ao núcleo do preenchimento (Menezes et al., 2014; Monticelli et al., 2006b). No entanto, recentes estudos demonstraram que somente a aplicação de agentes clareadores a base de  $H_2O_2$  a 35% por 1 min é capaz de promover

o aumento da adesão (de Sousa Menezes et al., 2011). Agentes clareadores são produtos facilmente encontrados no consultórios e a aplicação com *mibrobrush* é uma técnica mais simples que a imersão do pino na solução. Dessa forma, o uso dessas soluções tornou-se popular para a cimentação de pinos de fibra de vidro. O  $H_2O_2$  dissolve de forma seletiva a resina epóxica que recobre a superfície dos pinos por meio do ataque eletrolítico às aminas secundárias presentes na composição da resina epóxica (Solan, 1992) e expõe fibras para posterior silanização.

A técnica de condicionamento do pino com agentes clareadores consiste na aplicação da solução na superfície do pino por um minuto, lavagem com água abundante por no mínimo um minuto e secagem por um minuto. Apesar da simplicidade da técnica, múltiplas etapas são requeridas e se negligenciadas, oxigênio residual pode permanecer presente na superfície do pino e comprometer a polimerização dos compósitos aderidos a ele (Erdemir et al., 2004). Em contrapartida, o revestimento com siloxano-metacrilato, após deposição térmica, realizado em escala industrial, propõe que os pinos já venham tratados de fábrica. Desta forma, elimina a etapa clínica de tratamento de superfície que reduz o tempo clínico e a sensibilidade da técnica.

Diâmetro do pino, relação fibra e matriz, adesão entre fibra e resina, integridade, tamanho, densidade e a distribuição das fibras são fatores que afetam as propriedades mecânicas dos pinos de fibra (Lassila et al., 2004; Zicari et al., 2013). Os tratamentos de superfície testados não afetaram a resistência flexural, módulo de flexão e rigidez do Excato e White Post DC, muito provavelmente por não provocar mudanças morfológicas capaz de afetar suas propriedades mecânicas. O condicionamento com  $H_2O_2$  promove a remoção de uma fina camada de resina epóxica somente da superfície dos pinos, dessa forma não é capaz de comprometer suas propriedades. Mesmo com a alta temperatura a que o pino foi submetido nos grupos onde ocorreu deposição térmica de siloxano, também não ocorreram alterações intraestruturais, como demonstrado pela MEV descrita no projeto piloto (Figura 2, 3 e 4). A

temperatura utilizada (120° C) é inferior a temperatura de fusão dos componentes do pino, assim sua estrutura manteve-se íntegra.

Apesar da semelhança, na composição e proporção entre fibra e resina dos pinos utilizados neste estudo, distintos comportamentos mecânicos foram encontrados. Esses achados podem ser explicados por falhas no processo de fabricação do White Post DC, gerando uma fraca ligação interfacial entre fibra e matriz ou presença de bolhas no interior da resina (Seefeld et al., 2007) o que resultou em menores valores de resistência flexural e módulo de flexão. No entanto, clinicamente, a resistência à fratura dos pinos não é uma grande preocupação, porque eles dificilmente fraturam (Novais et al., 2011). O conhecimento dessas propriedades mecânicas é importante para determinação da rigidez desses pinos em comparação com pinos metálicos. O módulo de elasticidade resultante dos pinos de fibra de vidro é mais próximo ao da dentina, proporcionando a distribuição de tensões mais benéficas, a estrutura do dente (Soares et al., 2008b).

Diante do exposto, o revestimento do pino com siloxano metacrilato após deposição demonstrou-se alternativa viável para tratamento de superfície a ser realizado em escala industrial. O tratamento em questão aumentou a resistência de união ao núcleo de preenchimento sem afetar suas propriedades mecânicas. A proposta de pinos que não necessitam de tratamentos de superfície clínicos vai ao encontro da tendência atual da odontologia de simplificação das etapas. A fixação desses pinos aliados a cimentos autoadesivos, que também dispensam tratamentos prévios de substrato seria uma alternativa simples, rápida e de fácil execução, reduzindo o tempo clínico e sensibilidade da técnica, prolongando a longevidade das reabilitações com pinos de fibra de vidro. No entanto, mais estudos são necessários para avaliar outros tipos de pinos, já que os resultados mostraram comportamentos diferentes para os dois pinos testados. Além disso, avaliações a longo prazo também devem ser realizadas para analisar a estabilidade hidrolítica deste tratamento.

## **CONCLUSÃO**

---

## 6. CONCLUSÃO

Dentro das restrições do delineamento experimental e frente a análise dos dados, conclui-se que:

1. A resistência de união do pino ao núcleo de preenchimento é influenciada pelo tipo de pino, sendo que nenhum tratamento alterou a resistência de união do White Post DC.
2. Peróxido de hidrogênio, deposição térmica e siloxano promovem o aumento da resistência de união do pino Exacto ao núcleo de preenchimento. No entanto, maiores valores são associados à deposição térmica de siloxano, seguida da aplicação de silanos pré-hidrolisados.
3. Os tratamentos de superfície com peróxido de hidrogênio e deposição térmica de siloxano-metacrilato não alteram as propriedades mecânicas dos pinos de fibra de vidro.

## ***REFERÊNCIAS***

---

## REFERÊNCIAS

1. Arslan H, Barutcigil C, Yilmaz CB, Ceyhanli KT, Topcuoglu HS. Push-out bond strength between composite core buildup and fiber-reinforced posts after different surface treatments. **Photomed Laser Surg** 2013;31(7):328-33.
2. Assif D, Gorfil C. Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. **J Prosthet Dent**. 1994; 71(6): 565-7.
3. Bajpai SK. Casein cross-linked polyacrylamide hydrogels: study of swelling and drug release behaviour. **Iran Poly J** 1999;8:8.
4. Barghi N, Berry T, Chung K. Effects of timing and heat treatment of silanated porcelain on the bond strength. **J Oral Rehab** 2000;27(5):407-12.
5. Cagidiaco MC, Goracci C, Garcia-Godoy F, Ferrari M. Clinical studies of fiber posts: a literature review. **Int J Prosth** 2008;21(4):328-36.
6. Cheleux N, Sharrock PJ. Mechanical properties of glass fiber-reinforced endodontic posts. **Acta Biomater** 2009;5(8):3224-30.
7. de Sousa Menezes M, Queiroz EC, Soares PV, Faria-e-Silva AL, Soares CJ, Martins LR. Fiber post etching with hydrogen peroxide: effect of concentration and application time. **J Endod** 2011;37(3):398-402.
8. Debnath S, Wunder SL, McCool JI, Baran GR. Silane treatment effects on glass/resin interfacial shear strengths. **Dent Mater** 2003;19(5):441-8.
9. Elsaka SE. Influence of chemical surface treatments on adhesion of fiber posts to composite resin core materials. **Dent Mater** 2013;29(5):550-8.

10. Erdemir A, Ari H, Gungunes H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. **J Endod** 2004;30(2):113-6.
11. Fabianelli A, Pollington S, Papacchini F, Goracci C, Cantoro A, Ferrari M, et al. The effect of different surface treatments on bond strength between leucite reinforced feldspathic ceramic and composite resin. **J Dent** 2010;38(1):39-43.
12. Faria-e-Silva AL, Mendonca AA, Garcez RM, Oliveira Ada S, Moreira AG, Moraes RR. Adhesion strategy and early bond strengths of glass-fiber posts luted into root canals. **Braz Oral Res** 2012;26(5):485-7.
13. Faria-e-Silva AL, Menezes Mde S, Silva FP, Reis GR, Moraes RR. Intra-radicular dentin treatments and retention of fiber posts with self-adhesive resin cements. **Braz Oral Res** 2013;27(1):14-9.
14. Ferrari M, Vichi A, Fadda GM, Cagidiaco MC, Tay FR, Breschi L, et al. A randomized controlled trial of endodontically treated and restored premolars. **J Dent Res** 2012;91(7 Suppl):72S-78S.
15. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: a literature review. **Aust Dent J** 2011;56 Suppl 1:77-83.
16. Habekost LV, Camacho GB, Lima GS, Ogliari FA, Piva EMRR. Properties of Particulate Resin-Luting Agents with Phosphate and Carboxylic Functional Methacrylates as Coupling Agents. **Journal of Applied Polymer Science** 2013;127(5):7.
17. Kim YK, Son JS, Kim KH, Kwon TY. A simple 2-step silane treatment for improved bonding durability of resin cement to quartz fiber post. **J Endod** 2013;39(10):1287-90.

18. Lanza A, Aversa R, Rengo S, Apicella D, Apicella A. 3D FEA of cemented steel, glass and carbon posts in a maxillary incisor. **Dent Mater** 2005;21(8):709-15.
19. Lassila LV, Tanner J, Le Bell AM, Narva K, Vallittu PK. Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. **Dent Mater** 2004;20(1):29-36.
20. Leme AA, Pinho AL, de Goncalves L, Correr-Sobrinho L, Sinhorette MA. Effects of silane application on luting fiber posts using self-adhesive resin cement. **J Adhes Dent** 2013;15(3):269-74.
21. Liu Q, Ding J, Chambers DE, Debnath S, Wunder SL, Baran GR. Filler-coupling agent-matrix interactions in silica/polymethylmethacrylate composites. **J Biomed Mater Res** 2001;57(3):384-93.
22. Lung CY, Matinlinna JP. Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: an overview. **Dent Mater** 2012;28(5):467-77.
23. Matinlinna JP, Lassila LV, Ozcan M, Yli-Urpo A, Vallittu PK. An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. **Int J Prosthodont** 2004;17(2):155-64.
24. Matinlinna JP, Lassila LV, Vallittu PK. Pilot evaluation of resin composite cement adhesion to zirconia using a novel silane system. **Acta Odontol Scand** 2007;65(1):44-51.
25. May CA. **Epoxy Resins: Chemistry and Technology**: Apud Riegel, IC; 1999.
26. Menezes MS, Faria-e-Silva AL, Silva FP, Reis GR, Soares CJ, Stape TH, et al. Etching a fiber post surface with high-concentration bleaching agents. **Oper Dent** 2014;39(1):E16-21.

27. Menezes MS, Queiroz EC, Campos RE, Martins LR, Soares CJ. Influence of endodontic sealer cement on fibreglass post bond strength to root dentine. **Int Endod J**. 2008; 41(6): 476-84.
28. Monticelli F, Goracci C, Grandini S, Garcia-Godoy F, Ferrari M. Scanning electron microscopic evaluation of fiber post-resin core units built up with different resin composites. **Am J Dent** 2005;18(1):61-5.
29. Monticelli F, Osorio R, Sadek FT, Radovic I, Toledano M, Ferrari M. Surface treatments for improving bond strength to prefabricated fiber posts: a literature review. **Oper Dent** 2008;33(3):346-55.
30. Monticelli F, Toledano M, Tay FR, Cury AH, Goracci C, Ferrari M. Post-surface conditioning improves interfacial adhesion in post/core restorations. **Dent Mater** 2006a;22(7):602-9.
31. Monticelli F, Toledano M, Tay FR, Sadek FT, Goracci C, Ferrari M. A simple etching technique for improving the retention of fiber posts to resin composites. **J Endod** 2006b;32(1):44-7.
32. Naumann M, Koelplin M, Beuer F, Meyer-Lueckel H. 10-year survival evaluation for glass-fiber-supported postendodontic restoration: a prospective observational clinical study. **J Endod** 2012;38(4):432-5.
33. Novais VR, Versluis A, Correr-Sobrinho L, Soares CJ. Three-point bending testing of fibre posts: critical analysis by finite element analysis. **Int Endod J** 2011;44(6):519-24.
34. Oliveira AS, Ramalho ES, Ogliari FA, Moraes RR. Bonding self-adhesive resin cements to glass fibre posts: to silanate or not silanate? **Int Endod J** 2011;44(8):759-63.

35. Oliveira-Ogliari A, Collares FM, Feitosa VP, Sauro S, Ogliari FA, Moraes RR. Methacrylate bonding to zirconia by in situ silica nanoparticle surface deposition. **Dent Mater** 2015;31(1):68-76.
36. Perdigao J, Gomes G, Lee IK. The effect of silane on the bond strengths of fiber posts. **Dent Mater** 2006;22(8):752-8.
37. Raposo LH, Armstrong SR, Maia RR, Qian F, Geraldeli S, Soares CJ. Effect of specimen gripping device, geometry and fixation method on microtensile bond strength, failure mode and stress distribution: laboratory and finite element analyses. **Dent Mater**. 2012;28(5):e50-62.
38. Reis A, Carrilho M, Breschi L, Loguercio AD. Overview of clinical alternatives to minimize the degradation of the resin-dentin bonds. **Oper Dent** 2013;38(4):E1-E25.
39. Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E, Gotfredsen K. Bond strength of resin cement to dentin and to surface-treated posts of titanium alloy, glass fiber, and zirconia. **J Adhes Dent** 2003;5(2):153-62.
40. Santos-Filho PC, Castro CG, Silva GR, Campos RE, Soares CJ. Effects of post system and length on the strain and fracture resistance of root filled bovine teeth. **Int Endod J** 2008;41(6):493-501.
41. Santos-Filho PC, Verissimo C, Raposo LH, Noritomi MecEng PY, Marcondes Martins LR. Influence of Ferrule, Post System, and Length on Stress Distribution of Weakened Root-filled Teeth. **J Endod** 2014;40(11):1874-8.
42. Sarkis-Onofre R, Skupien JA, Cenci MS, Moraes RR, Pereira-Cenci T. The role of resin cement on bond strength of glass-fiber posts luted into root canals:

a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. **Oper Dent** 2014;39(1):E31-44.

43. Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. **J Endod** 2004;30(5):289-301.

44. Seefeld F, Wenz HJ, Ludwig K, Kern M. Resistance to fracture and structural characteristics of different fiber reinforced post systems. **Dent Mater** 2007;23(3):265-71.

45. Shen C, Oh WS, Williams JR. Effect of post-silanization drying on the bond strength of composite to ceramic. **J Prosthet Dent** 2004;91(5):453-8.

46. Soares CJ, Santana FR, Pereira JC, Araujo TS, Menezes MS. Influence of airborne-particle abrasion on mechanical properties and bond strength of carbon/epoxy and glass/bis-GMA fiber-reinforced resin posts. **J Prosthet Dent** 2008;99(6):444-54.

47. Soares CJ, Soares PV, de Freitas Santos-Filho PC, Castro CG, Magalhaes D, Versluis A. The influence of cavity design and glass fiber posts on biomechanical behavior of endodontically treated premolars. **J Endod** 2008;34(8):1015-9.

48. Soares CJ, Valdivia AD, da Silva GR, Santana FR, Menezes Mde S. Longitudinal clinical evaluation of post systems: a literature review. **Braz Dent J.** 2012;23(2):135-740.

49. Solan FE. Chemical Attack of Graphite/Epoxy by Hydrogen Peroxide. **Applied Spectroscopy** 1992;46(3):4.

50. Valandro LF, Yoshiga S, de Melo RM, Galhano GA, Mallmann A, Marinho CP, et al. Microtensile bond strength between a quartz fiber post and a resin cement: effect of post surface conditioning. **J Adhes Dent** 2006;8(2):105-11.
51. Zicari F, Coutinho E, Scotti R, Van Meerbeek B, Naert I. Mechanical properties and micro-morphology of fiber posts. **Dent Mater** 2013;29(4):e45-52.
52. Zicari F, De Munck J, Scotti R, Naert I, Van Meerbeek B. Factors affecting the cement-post interface. **Dent Mater** 2012;28(3):287-97.

***RELEASE PARA IMPRENSA***

---

## RELEASE PARA IMPRENSA

Dentes que necessitam de tratamento endodônticos (tratamento de canal) normalmente possuem pouca estrutura dental remanescente e tornam-se frágeis. Restaurações convencionais de resinas composta são contraindicadas nestas situações, uma vez que não se manterão por muito tempo devido à pouca quantidade de estrutura para aderir. Dessa forma, são indicados os retentores intrarradiculares, que são pinos colocados dentro do canal para ajudar a reter e estabilizar o material restaurador. Por muitos anos a única alternativa de retentores intrarradiculares foram os pinos metálicos, que não são estéticos, não se aderem ao dente e os dentistas necessitam de mais etapas clínicas para confecção. Assim, pinos pré-fabricados de resina e fibra de vidro sugeriram como alternativa reabilitadora. Estes pinos são da mesma cor dos dentes, aderem-se a eles e são de rápida execução. No entanto, para que a longevidade desses pinos seja assegurada é necessário que sejam feitos tratamentos em sua superfície. Estes tratamentos aumentam a adesão dos pinos à resina composta que irá reconstruir o dente. Assim, mesmo que o procedimento clínico para fixação desses pinos seja rápida, várias etapas são requeridas, aumentando a possibilidade de erros durante essas etapas. Diante deste contexto, o objetivo deste estudo foi desenvolver tratamento de superfície para os pinos a fim de ser realizado em escala industrial, durante o processamento do pino. Este tratamento consiste na aplicação de adesivo, chamado silano, seguido do aquecimento dos pinos por 120° C por 1 hora. O tratamento resultou em melhor união à resina composta de reconstrução sem prejudicar a resistência dos pinos. Assim, esse tratamento pode ser apresentado às empresas a fim de ser incorporado ao processo de fabricação dos pinos para que o cirurgião dentista não necessite fazer esta etapa durante o procedimento clínico, de forma a simplificar o procedimento, reduzindo a possibilidade de erros, bem como o tempo para execução.