

Fernanda Pereira Silva

Influência dos diferentes tratamentos de superfície de pinos de fibra de vidro na resistência de união e análise topográfica

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

Uberlândia, 2015

Fernanda Pereira Silva

Influência dos diferentes tratamentos de superfície de pinos de fibra de vidro na resistência de união e análise topográfica

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

Orientador: Prof. Dr. Murilo de Sousa Menezes

Co-orientador: Prof. Dr. André Luís Faria e Silva

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.

S586i
2015 Silva, Fernanda Pereira, 1989-
 Influência dos diferentes tratamentos de superfície de pinos de fibra
 de vidro na resistência de união e análise topográfica / Fernanda Pereira
 Silva. - 2015.
 82 f. : il.

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

 1. Odontologia - Teses. 2. Pinos dentários - Teses. 3. Cimentos
 dentários - Teses. 4. Materiais dentários - Teses. I. Menezes, Murilo
 Sousa, 1979-. II. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-
 Graduação em Odontologia. III. 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 nº270 - COPOD

Data: 12/02/2015

Discente: Fernanda Pereira Silva, Matrícula: (11312ODO003)

Título do Trabalho: Influência dos diferentes tratamentos de superfície de pinos de fibra de vidro na resistência de união e análise topográfica.

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 **doze 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) **Fernanda Pereira Silva**.

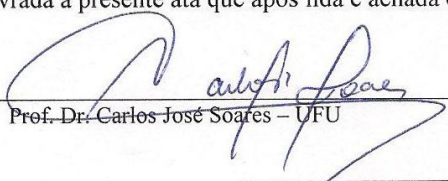
Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa Dr. Murilo de Sousa Menezes apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram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

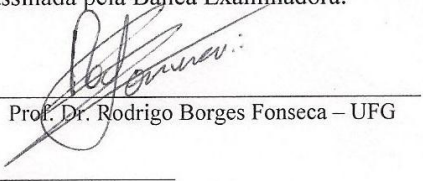
A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(a)s, que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais.

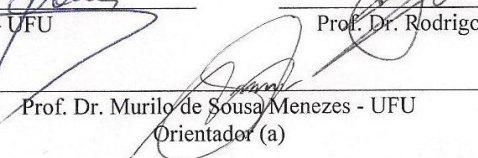
Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou o(a) candidato(a) 4 provado(a).

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 17 horas e 20 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)



DEDICATÓRIA

A DEUS,

Por estar sempre presente em minha vida. Obrigado por cada dia vivido, pela família maravilhosa que é base de minhas conquistas, por iluminar meus caminhos, me dando força e sabedoria para conquistar meus sonhos. Sem sua presença nada disso seria possível.

Aos meus pais, Carlos Henrique e Kátia Cristina,

Papai e mamãe me faltam palavras para agradecer e dizer tudo que vocês significam para mim. Obrigada pelo amor incondicional, por me apoiarem e não pouparem esforços para que eu conquiste meus objetivos. Sem o amparo de vocês jamais teria conseguido vencer mais essa etapa. Muito obrigada por todos os ensinamentos, pelo colo nos momentos difíceis e pelos valiosos conselhos e incentivos. Amo muito vocês!

À minha irmã Daniella,

Por sempre estar presente em minha vida e torcendo por mim. Amo você!

Ao meu amor, Denis,

Obrigada por todo amor e companheirismo, por me apoiar nos momentos mais difíceis e pela paciência que sempre teve comigo. Sua presença e cumplicidade são muito importantes na minha vida. Te amo muito!!

Aos meus queridos avós,

Que sempre torceram por mim, pelo carinho e amor que sempre me trataram.
Amo vocês!

Aos minhas queridas tias, Flávia e Andréa,

Que sempre torceram pela minha vitória e acreditaram no meu sucesso. Amo
vocês!

Aos meus priminhos Gustavo e Isabella,

Vocês são duas alegrias em minha vida, cada momento que estou com vocês é
sempre de muita felicidade. Obrigado por torcerem por mim e entenderem
meus momentos de ausência. Amo vocês!

À minha Família, tios e primos,

Muito obrigada por todos os momentos que passamos juntos, por me apoiarem
e torcerem por mim.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS,

Ao professor Murilo,

Você é um exemplo de ser humano. Dono de um coração gigante, sempre muito atencioso com todos e pronto para ajudar o próximo. Foi uma honra ser sua aluna de iniciação científica e de mestrado. Muito obrigado por todos os ensinamentos, pelos conselhos, pela confiança depositada em mim e por sempre ter palavras sábias para me acalmar nos momentos de angustia. Você é mais que um orientador, um grande amigo. Espero poder trabalhar e aprender com você por muitos anos. Que Deus abençoe seu caminho e da sua família.

À amiga Giselle,

Que se tornou mais que uma amiga, uma irmã. Obrigada por cada momento que passamos juntas, por toda ajuda que você sempre me deu, por ser a “metade do meu cérebro”, completando minhas frases quando me faltava palavras. Sua amizade foi de fundamental importância para eu conseguir chegar até aqui. Torço muito por você e tenho certeza que seu sucesso é garantido.

Ao professor André Luís Faria e Silva,

Uma pessoa admirável, muito obrigada por sempre ter a disponibilidade de me ajudar, mesmo de longe. Apreendi muito com você durante esses anos. Agradeço também as oportunidades de trabalho que só foram possíveis graças a sua competência, profissionalismo e amor à pesquisa.

Às amigas Marcela e Ana Laura,

Agradeço à Deus por ter colocado duas pessoas tão maravilhosas na minha vida, que estiveram sempre dispostas a ajudar nos momentos que mais precisei. De colegas de iniciação científica viraram amigas que levarei pra sempre. Obrigada por todos os momentos que passamos juntas.

Às amigas da pós-graduação Isabela, Lívia, Renata, Luana, Giselle e Camila,

Como foi bom dividir esses dois anos com vocês. Obrigada por todos os momentos que vivemos juntos, por todas as conversas intermináveis, pelos momentos de desespero e desabafos, pelas risadas, viagens pelos congressos e por todos os quilos que ganhamos juntas. Sempre guardarei com muito carinho todas essas recordações.

Aos professores Paulo César Freitas Santos Filho e Paulo Vinícius Soares,

Muito obrigada por todos os ensinamentos desde à graduação, por estarem sempre prontos para me ajudar e pelo carinho que sempre me trataram. Vocês são exemplo de docentes para mim.

À professora Veridiana,

Sempre disposta a ajudar com um sorriso no rosto. Você contribuiu muito para o meu crescimento no mestrado. Obrigada por todos os conselhos e pela amizade.

Ao professor Carlos,

É admirável o amor com que você trata seu trabalho. Você é exemplo de sabedoria e determinação de luta pelos objetivos.

Ao professor Rafael Ratto de Moraes,

Pelo pouco tempo que passei com você deu para perceber o quanto é querido por todos os alunos. Muito obrigada por nos receber tão bem em Pelotas, onde desenvolvemos parte desse trabalho. Sua ajuda foi fundamental e agradeço também a paciência e disponibilidade de estar sempre nos auxiliando. Foi muito bom trabalhar com você e com sua equipe.

Aos alunos, funcionários e professores da Universidade Federal de Pelotas,

Que nos acolheram de braços abertos. Foi um prazer enorme conhecer cada um de vocês. Aline, obrigada por toda ajuda no laboratório e pela parceria na execução deste trabalho. Adorei te conhecer. Gabi, obrigada pela companhia durante nossa estadia, você é demais guria. Lisia, obrigada por fazer da nossa jornada de trabalho dias de muita diversão. Espero poder encontrar com vocês mais vezes.

Aos amigos de mestrado, Átila, Rodrigo, Guilherme, Leandro, Maruki, Thácio e Luiz Henrique,

Foi um enorme prazer fazer parte da turma de vocês. Desejo muito sucesso à todos!

Aos alunos de iniciação científica Ede Lausson, Matheus Mota, Davison, Thaís, alunos de orientação de TCC, Mariana e Thaís,

Foi uma honra poder trabalhar com vocês e praticar minha formação como docente. **Ludiele** foi muito bom ter você como membro do nosso grupo. Desejo muito sucesso à todos.

Aos professores Paulo Simamoto, Gisele Rodrigues, Luís Raposo, Denildo Magalhães, Márcio Teixeira, Alfredo Júlio, Flávio Domingues, Célio Prado e João Edson,

Obrigado pelos ensinamentos e por contribuir com a minha formação.

Aos professores da FOUFU,

Sinto orgulho de ter sido aluna de cada um de vocês que passaram além do conhecimento, um verdadeiro amor à odontologia.

Aos alunos de Doutorado,

Que sempre estiveram dispostos a ajudar. Cris, obrigado por sanar minhas dúvidas que mais pareciam piadas e por me apresentar o Mesh.

A Graça, Brenda, Daniela, Wilton e senhor Advaldo,

Obrigada por toda ajuda durante esses dois anos.

AGRADECIMENTOS,

À Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia (FOUFU)

Ao CPbio (Centro de Pesquisa de Biomecânica, Biomateriais e Biologia Celular da FOUFU), por disponibilizar espaço físico e equipamentos necessários para realização desta pesquisa.

Ao Laboratório de Tribologia e Materiais do curso de Engenharia mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, por disponibilizar equipamento necessário para realização desta pesquisa.

Ao Programa de Pós- Graduação

A CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro.

À empresa FGM, pela doação dos materiais indispensáveis para esta pesquisa.

EPÍGRAFE

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	1
RESUMO.....	3
ABSTRACT.....	6
1 INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2 PROPOSIÇÃO.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4 RESULTADOS.....	33
5 DISCUSSÃO.....	50
6 CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS.....	60
RELEASE PARA IMPRENSA	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%- Porcentagem

(Ø)- Diâmetro

< - Menor

°- Graus

µL- Microlitros

ANOVA- Análise de variância

CH₂Cl₂- Cloreto de metileno

EDS- Energia Dispersiva de Raios-X.

H₂O₂- Peróxido de hidrogênio

MEV- Microscopia eletrônica de varredura

min- Minutos

mm- Unidade de comprimento (milímetro)

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

MPa- Mega Pascal

MTPS- Silano 3- trimethoxysilylpropylmethacrylate

mW/cm²- Unidade de densidade de energia (miliwatts por centímetro quadrado)

nm- Nanômetros

°C- Grau Celsius

P- Nível de probabilidade

PVC- Polivinil cloreto rígido

Ra- Média aritmética do perfil de rugosidade

Rq- Rugosidade quadrada aritmética

SA- Média aritmética da rugosidade tridimensional

SiC- Carbetto de silício

Sq- Desvio médio quadrático da rugosidade superficial

α - Nível de confiabilidade

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de diferentes tratamentos de superfície em pinos de fibra de vidro (PFV) na adesão a resina composta, bem como, a análise da topografia de superfície. Para avaliar a resistência de união 44 PFV (White Post DC3, FGM Produtos Odontológicos), foram divididos, aleatoriamente, em quatro grupos (n=11). Os seguintes tratamentos de superfície foram avaliados: Controle- sem tratamento de superfície; MTPS- deposição de siloxano; H₂O₂- condicionamento com peróxido de hidrogênio à 35% (Whiteness HP Max, FGM); e CH₂Cl₂- condicionamento com cloreto de metileno (Synth). Em seguida, os grupos experimentais receberam aplicação de uma camada de silano (Prosil, FGM Produtos Odontológicos) e outra de adesivo (Scotchbond, 3M Espe). As restaurações em resina composta para núcleo de preenchimento (Allcem Core, FGM Produtos Odontológicos) foram simuladas utilizando moldes de silicone. Após 24 horas armazenados em água à 37°C, foram submetidas a cortes seriados, perpendiculares ao longo eixo do pino, obtendo amostras com dimensões de aproximadamente 1x1mm, com formato de palito e constituída por resina/pino/resina. As amostras foram submetidas ao ensaio mecânico de microtração à velocidade de 0,7 mm/min até o rompimento dos espécimes. Para avaliar o ângulo de contato dos PFV com água e com adesivo, vinte PFV foram incluídos em resina acrílica e polidos para planificar a superfície. As amostras foram divididas, aleatoriamente em quatro grupos (n=5) e os tratamentos de superfície realizados. Para estimar a hidrofobicidade da superfície, o ângulo de contato produzido com a água destilada foi medido anteriormente à aplicação do silano e adesivo. Uma gota (0,3 µL) de água foi depositada sobre a superfície do pino e o ângulo de contato mensurados com um tensiômetro (Theta Lite TL101, Biolin Scientific Inc.). Em seguida, o silano foi aplicado e o ângulo de contato, produzido pelo adesivo na superfície tratada, foi também mensurado. Para avaliar a topografia de superfície, foi realizada análise por Interferômetro à laser (Microfocus Expert IV, UBM). Vinte pinos foram divididos aleatoriamente em quatro grupos (n= 5), após os tratamentos de superfície. A varredura das

amostras foi realizada e os parâmetros topográficos avaliados (Ra: Média aritmética do perfil de rugosidade), (Rq: Rugosidade quadrada aritmética), (SA: Média aritmética da rugosidade tridimensional) e (Sq: Desvio médio quadrático da rugosidade superficial). Para análise em MEV e EDS oito pinos foram divididos em quatro grupos (n=2), após realização dos tratamentos de superfície. Os dados quantitativos foram submetidos individualmente a ANOVA one-way, seguido pelo teste de Tukey. Os resultados demonstram que o grupo tratado com MTPS, obteve maior resistência de união. Para o ângulo de contato com água, a superfície mais hidrofílica foi observada em amostras do grupo MTPS e para o ângulo de contato com adesivo os menores valores foram para as amostras do grupo controle. Todos os tratamentos experimentais aumentaram a rugosidade da superfície. As imagens de MEV e análises de EDS mostraram modificações na superfície após diferentes tratamentos. Conclui-se que a deposição de siloxano é efetiva no aumento da resistência de união, além de apresentar modificação química e morfológica no pino de fibra.

PALAVRAS CHAVE: Pinos Dentários, Resistência à Tração, Molhabilidade.

ABSTRACT

ABSTRACT

This study evaluated the effect of different surface treatments on the morphological aspects of post surface and the adhesion of core materials to glass fiber posts. To evaluate the bond strength 44 fiber posts (White Post DC3, FGM Produtos Odontológicos), were randomly divided into four groups ($n = 11$). The following surface treatments were evaluated: Control- without surface treatment; MTPS- deposition siloxane; H_2O_2 - etching with hydrogen peroxide at 35% (Whiteness HP Max, FGM Produtos Odontológicos); and CH_2Cl_2 - etching with methylene chloride (Synth). Then, the experimental groups received application of a layer of silane (Prosil, FGM Produtos Odontológicos) and adhesive (Scotchbond, 3M Espe). The composite resin restorations (Core Allcem, FGM Produtos Odontológicos) were simulated using silicone molds. After 24 hours water storage at $37^\circ C$, the The specimens were serially sectioned to obtain 1 mm-thick consisting of resin/ post/ resin. Microtensile tests were performed at speed of 0.7 mm/min until failure. To measure contact angles water and adhesive was used. Twenty fiber posts were embedded in acrylic resin and polished to flat surface. The samples were divided randomly into four groups ($n = 5$) and surface treatments performed. A drop (0.3 μL) of water was deposited on the post surface and the contact angle measured with a tensiometer (Theta Lite TL101, Biolin Scientific Inc.). Then, silane was used and the contact angle produced by the adhesive to the treated surface was also measured. To evaluate the surface topography, analysis was performed by laser interferometer (Microfocus Expert IV, UBM). Twenty posts were randomly divided into four groups ($n = 5$) after the surface treatment. The scanning of samples was performed and evaluated topographic parameters (Ra: arithmetic average roughness profile), (Rq: arithmetic square roughness), (SA: Arithmetic average of three-dimensional roughness) and (Sq: root mean square deviation of surface roughness). For SEM and EDS analysis eight post were divided into four groups ($n = 2$), after completion of surface treatments. Datas were individually subjected to one-way ANOVA followed by Tukey test. The results demonstrate that the group treated with MTPS, obtained higher bond strength.

The contact angle with water, the more hydrophilic surface was observed in the MTPS group. The contact angle with resin adhesive showed lower values for control group. All experimental treatments increased surface roughness. SEM images and EDS analyzes showed changes in surface after different treatments. In conclusion, the siloxane deposition is effective to increase bond strength, while maintaining chemical and morphological change in the fiber post.

KEY WORDS: Bond strength, Fiber post, Wettability.

INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

1. INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

A reabilitação de dentes tratados endodonticamente tem se apresentado como grande desafio para a odontologia restauradora, especialmente quando há perda substancial de estrutura coronária, resultando em pouco remanescente dentário (Schwartz & Robbins 2004). Nestes casos, têm-se a necessidade da utilização de retentores intra-radulares, com a função de estabilizar e reter o material restaurador e viabilizar a reconstrução coronária (Ferrari et al., 2012).

O núcleo metálico moldado e fundido foi indicado para esse tipo de reabilitação durante décadas. No entanto, são altamente rígidos e induzem concentrações de tensões nas paredes do canal, o que pode resultar em fraturas radulares catastróficas (Ferrari et al., 2000; Soares et al., 2012). Assim, nos últimos anos os pinos de fibra de vidro têm se tornado alternativa ao tradicional núcleo metálico fundido (Christensen 2004), uma vez que estes sistemas de pinos possuem vantagens biomecânicas como módulo de elasticidade semelhante ao da dentina, o que favorece a distribuição das tensões de forma mais homogênea (Grandini et al., 2005; Tay & Pashley 2007) e resulta em menor risco de fraturas radulares (Santos-Filho et al., 2008; Goracci & Ferrari 2011). Além disso, apresentam ainda outras vantagens que contribuíram para a rápida difusão em sua utilização, como a simplicidade da técnica operatória, facilidade de remoção e propriedades ópticas que favorecem a reprodução do aspecto natural da restauração (Goracci & Ferrari 2011).

A longevidade do complexo restaurador e o comportamento biomecânico não dependem apenas das propriedades mecânicas, como dureza e resistência flexural dos pinos de fibra de vidro (Soares et al., 2008), mas baseia-se também no desenvolvimento da efetiva união entre pino, material resinoso e estrutura dentária (Naumann et al., 2005; Santos et al., 2010). Embora essas restaurações apresentem boa longevidade clínica, algumas falhas têm sido relatadas (Balkenhol et al., 2007). A adesão no canal radicular representa o ponto mais crítico da restauração, assim, o

deslocamento do pino no interior do canal radicular é a falha mais comum (Balkenhol et al., 2007; Figueiredo et al., 2014) que ocorre devido à complexa adesão à dentina do canal radicular (Faria-e-Silva et al., 2013) que pode contribuir para a incidência de fratura radicular (McLaren et al., 2009). Outra falha comumente relatada é a fratura da resina composta do núcleo de preenchimento na porção coronária ao pino de fibra (Naumann et al., 2005). As 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). Desta forma, o sucesso da restauração está na dependência da efetiva união entre os compósitos resinosos, substrato dentinário e pino de fibra de vidro.

Os pinos de fibra de vidro são compostos por elevado volume de fibras de reforço contínuas incorporadas em matriz polimérica, geralmente, resina epóxi (Lassila et al., 2004). Este componente orgânico possui elevado grau de conversão e tem a estrutura altamente reticulada, incapaz de reagir com os monômeros resinosos (Lassila et al., 2004). Para melhorar a resistência de união do núcleo de preenchimento de resina composta aos pinos de fibra, vários tratamentos de superfície têm sido propostos na literatura, com o objetivo de aumentar a união química e micromecânica (Monticelli et al., 2008).

O tratamento de superfície comumente utilizado para aumentar a união da interface entre pino e núcleo de preenchimento é aplicação de silano (Sarkis-Onofre et al., 2014). O agente de acoplamento silano é uma molécula orgânica bifuncional que pode interagir tanto com a porção orgânica, compósitos resinosos, quanto com a porção inorgânica, fibras de vidro (Zicari et al., 2012). Entretanto, mesmo com esta aplicação, a efetividade desse tratamento é questionável (de Rosatto et al., 2014), pois apresenta pouca reatividade com a resina epóxi que envolve as fibras do pino (Zicari et al., 2012). Há também grande possibilidade de sofrer hidrólise, o que enfraquece a estabilidade de acoplamento (Bitter et al., 2008).

Neste contexto, outras técnicas de tratamento de superfície foram propostas, como jateamento com partículas de óxido de alumínio (Soares et al., 2008) ou sílica (Schmage et al., 2009) e condicionamento com ácido fluorídrico

(Schmage et al., 2009; Naves et al., 2011; Goncalves et al., 2013). No entanto, estas técnicas podem ocasionalmente danificar as fibras de vidro e afetar a integridade do pino (Soares et al., 2008; Schmage et al., 2009). Assim, outros tratamentos químicos também foram investigados como o permanganato de potássio (Monticelli et al., 2006), etóxido de sódio (Monticelli et al., 2006), laser (Arslan et al., 2013), peróxido de hidrogênio (Monticelli et al., 2006; Goncalves et al., 2013) e diclorometano (Elsaka 2013; Gonçalves et al., 2013). Dentre estes tratamentos, o condicionamento com peróxido de hidrogênio tem apresentado os melhores resultados, pois além de ser eficiente, apresenta facilidade técnica de utilização (Monticelli et al., 2008), promove dissolução parcial da matriz de resina epóxi (Monticelli et al., 2008) e não causa danos as fibras do pino (Monticelli et al., 2006). Estudos relatam que este é capaz de remover seletivamente a matriz de resina epóxi expondo a superfície das fibras para silanização, sem causar danos às fibras de vidro (de Sousa Menezes et al., 2011; Menezes et al., 2014). Esta substância é utilizada nos consultórios odontológicos para a realização de clareamento dental (Menezes et al., 2014). O uso do solvente diclorometano para o tratamento de superfície também tem apresentado eficácia na união interfacial entre os pinos de fibra com resina à base de metacrilato e compósitos resinosos (Elsaka, 2013). Este agente apresentou aumento na rugosidade da superfície dos pinos, expondo as fibras (Elsaka, 2013). Esta substância tem sido utilizada também para realização de reparo em base de próteses. É capaz de alterar as características químicas e a morfologia da superfície da resina acrílica, aumentando a adesão dos materiais de reparo (Rached & Del-Bel Cury, 2001). No entanto, todos estes tratamentos requerem a adição de algumas etapas clínicas, aumentando a sensibilidade da técnica operatória e o tempo da sessão para a realização do procedimento.

A maioria dos silanos disponíveis comercialmente são pré-hidrolisados, constituídos de mistura de solvente de etanol e água. O teor de silano é geralmente cerca de 1-5% em volume. Estas soluções têm vida útil relativamente curta, é altamente suscetível à absorção de água, além de sofrer hidrólise ao longo do tempo (Lung & Matinlinna 2012). Para o tratamento mais efetivo, o organosilano 3- trimethoxysilylpropylmethacrylate (MPTS) seguido de

tratamento térmico pode permitir a deposição de rede de siloxano reativo na superfície do pino (Lung & Matinlinna 2012) e gerar aumento na resistência de união ao núcleo de preenchimento. O uso de solução de silano organofuncional (MTPS) para o tratamento de superfície dos pinos de fibra de vidro pode ter desempenho melhor do que a maioria dos silanos disponíveis no mercado atualmente e o seu desenvolvimento e utilização podem ser aplicados em escala industrial, dispensando a necessidade de tratamentos de superfície para o clínico. Dessa forma, a avaliação deste protocolo de tratamento experimental foi proposta neste estudo.

A proposta de pinos de fibra de vidro com tratamentos de superfície realizado em escala industrial, que dispensa etapas à nível clínico, vai de encontro com a tendência de simplificação e redução de etapas clínicas da odontologia restauradora. A fixação desses retentores intra-radiculares por meio de cimentos autoadesivos, que também dispensam tratamentos prévios de substrato dental, torna-se alternativa simples e de rápida execução, que reduz o tempo clínico e a sensibilidade da técnica operatória.

Na literatura existem inúmeros estudos que avaliam as propriedades mecânicas e a resistência de união após a realização de diversas técnicas de tratamentos de superfície. No entanto, estas modificações na superfície do substrato podem ocorrer de várias maneiras, como por exemplo, aumentar a energia de superfície a fim de garantir maior molhabilidade pelos compósitos resinosos (Costa Dantas et al., 2012), aumentar a rugosidade de superfície para permitir maior adesão micromecânica (Mazzitelli et al., 2008) ou alterar quimicamente a superfície dos pinos (Costa Dantas et al., 2012).

Diante desse contexto, gerou-se a hipótese de que os diferentes tratamentos de superfície de pino de fibra de vidro resultam no aumento da resistência de união do pino à resina composta do núcleo de preenchimento, bem como, em diferentes topografias de superfície, além de interferirem na capacidade de molhabilidade destes, pelos materiais resinosos.

PROPOSIÇÃO

2. PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência de união de pinos de fibra de vidro ao núcleo de preenchimento, a molhabilidade de superfície e a rugosidade superficial dos pinos submetidos a diferentes protocolos de tratamentos de superfície. Além disso, propõe avaliar, qualitativamente, por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), a morfologia de superfície dos pinos tratados e avaliar quantitativamente a morfologia de superfície por meio de análise de Energia Dispersiva de Raios-X (EDS).

MATERIAL E MÉTODOS

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Delineamento Experimental:

- *Unidade experimental:*

Amostras de pinos de fibra de vidro associados à resina composta para núcleo de preenchimento. Pinos submetidos a diferentes tipos de tratamentos de superfície;

- *Fator em estudo:*

Protocolos de tratamento de superfície em 4 níveis: Sem tratamento de superfície; Peróxido de hidrogênio (H_2O_2) à 35% vendido comercialmente para clareamento dental; Cloreto de Metileno (CH_2Cl_2); Silanização térmica (MTPS 5%).

- *Variáveis respostas:* Resistência de união, ângulo de contato, rugosidade de superfície e topografia de superfície.

- *Método de análise:*

Para a análise de resistência de união foi realizado ensaio mecânico de microtração; para a obtenção da molhabilidade de superfície foi mensurado o ângulo de contato; para a análise da rugosidade de superfície foi realizada interferometria e para a análise da topografia de superfície foi realizada microscopia eletrônica de varredura (MEV) aliada à análise de Energia Dispersiva de Raios-X (EDS).

- *Forma de análise dos dados:*

Para a resistência de união, o ângulo de contato e a rugosidade de superfície os dados foram submetidos individualmente à análise de variância fatorial, ANOVA em fator único, sendo o fator em estudo o tratamento de superfície, seguido pelo teste de Tukey. As imagens

obtidas por MEV e os dados obtidos por EDS foram analisados de forma descritiva.

Os materiais utilizados neste estudo estão ilustrados na Figura 1.

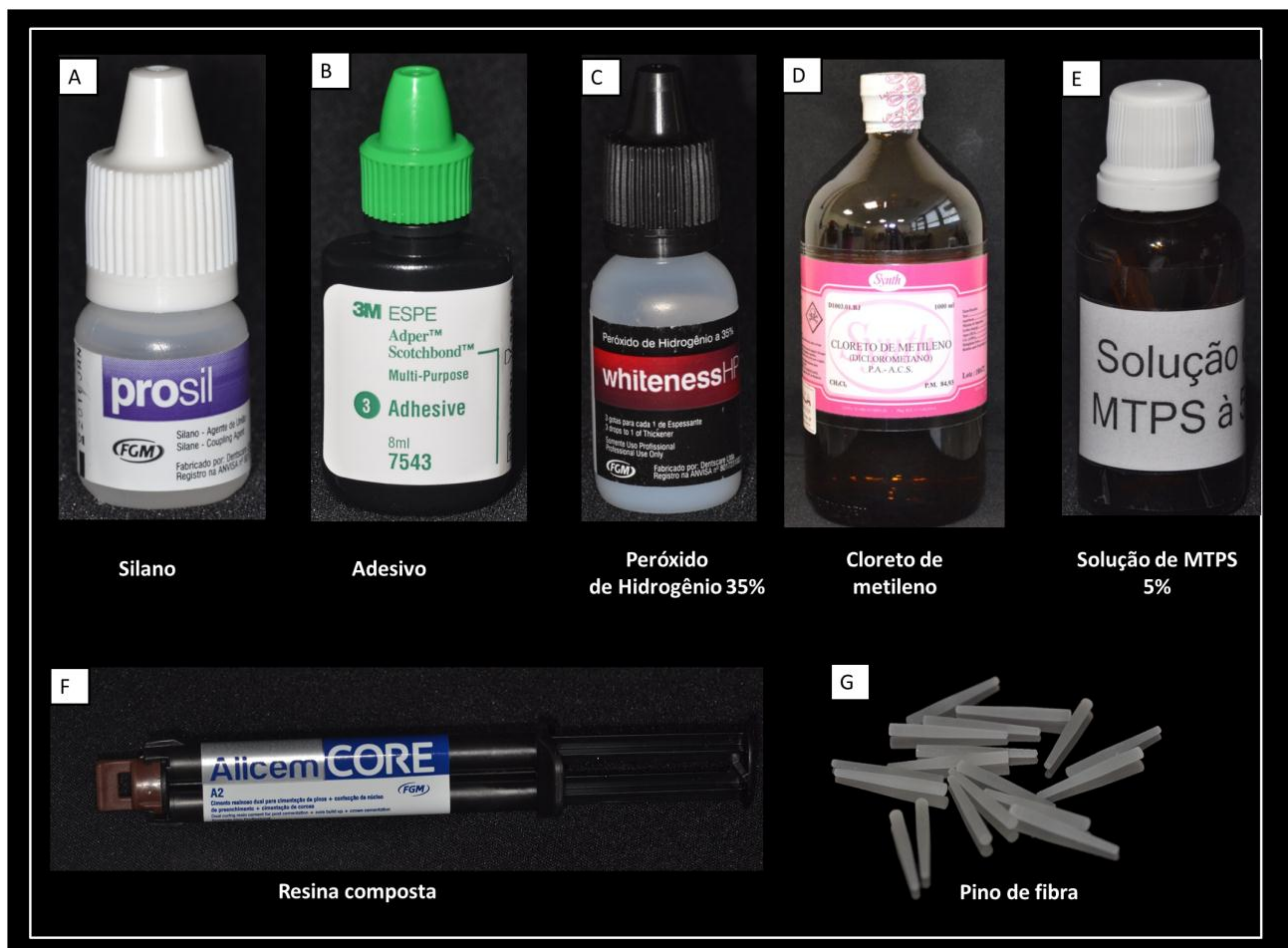


Figura 1 - (A) Silano (Prosil, FGM Produtos Odontológicos); (B) Adesivo (Scotchbond, 3M Espe); (C) Peróxido de hidrogênio à 35% (Whiteness HP Max, FGM); (D) Cloreto de metileno (Synth); (E) Solução experimental de MTPS à 5%; (F) Resina composta para núcleo de preenchimento (Allcem Core, FGM Produtos Odontológicos) e (G) Pino de fibra de vidro (White Post DC3, FGM Produtos Odontológicos).

Noventa e dois pinos de fibra de vidro, com diâmetro (\varnothing) máximo de 2,0 mm e comprimento de 20 mm foram utilizados. Estes pinos são constituídos por fibras de vidro pré-tensionadas, de forma paralela, unidas por

matriz de resina epóxi. São pinos de cimentação passiva e possuem formato de duplo cilindro, onde a porção apical é a mais estreita (Figura 2).

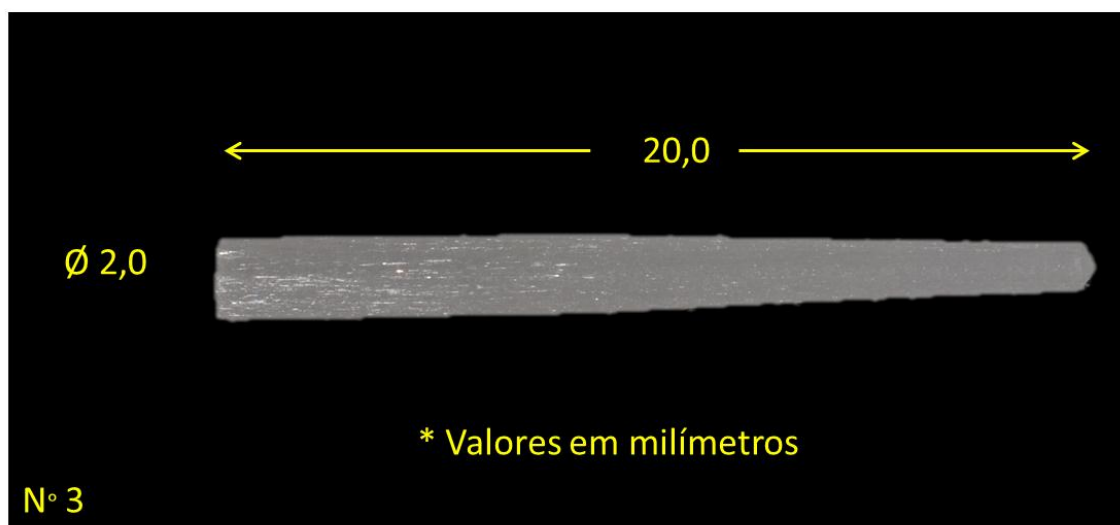


Figura 2 – Dimensões do pino White Post DC, nº3.

3.2 Ensaio Mecânico de Microtração

3.2.1 Divisão dos Grupos

Para avaliar a resistência de união, 44 pinos de fibra de vidro (White Post DC3, FGM Produtos Odontológicos, Joinville, SC, Brasil) foram divididos aleatoriamente em quatro grupos (n=11), o número de pinos de cada grupo foi determinado à partir de cálculo amostral (Figura 3). O grupo controle recebeu aplicação de camada de silano (Prosil, FGM Produtos Odontológicos), secagem por um minuto com leve jato de ar, posteriormente aplicação de camada de adesivo do sistema convencional de três passos (Scotchbond, 3M Espe, St Paul, MN) e fotoativação com unidade fotoativadora de LED (Radical, SDI, Bayswater, Victoria, Australia) por 20 segundos de cada lado, totalizando 40 segundos de fotoativação. No grupo MTPS, foi manipulada solução experimental de silano 3- trimethoxysilylpropylmethacrylate (MPTS), (Sigma-Aldrich, St Louis, MO) diluída em 94,5% n- Hexano (Synth, Diadema/SP) e 0,5% de Isopropilamina (Synth). Os pinos foram imersos em 2 ml desta solução por 1 minuto e em seguida foram aquecidos à 120° C durante 1 hora. Posteriormente, foi aplicada camada de adesivo e realizada a

fotoativação por 40 segundos. Para o grupo H_2O_2 , foi aplicado peróxido de hidrogênio (H_2O_2) à 35% (Whiteness HP Max, FGM) vendido comercialmente para clareamento dental, com *micro-brush*, por 1 minuto. No grupo CH_2Cl_2 foi aplicado cloreto de metileno (CH_2Cl_2) (Synth) com um *micro-brush*, por 1 minuto. Nos dois últimos tratamentos, os pinos foram lavados com jatos de água destilada (30 ml), por meio de uma seringa e secos com jatos de ar por 1 minuto. Foi aplicada uma camada de silano, após 1 minuto uma camada de adesivo e realizado a fotoativação por 40 segundos.

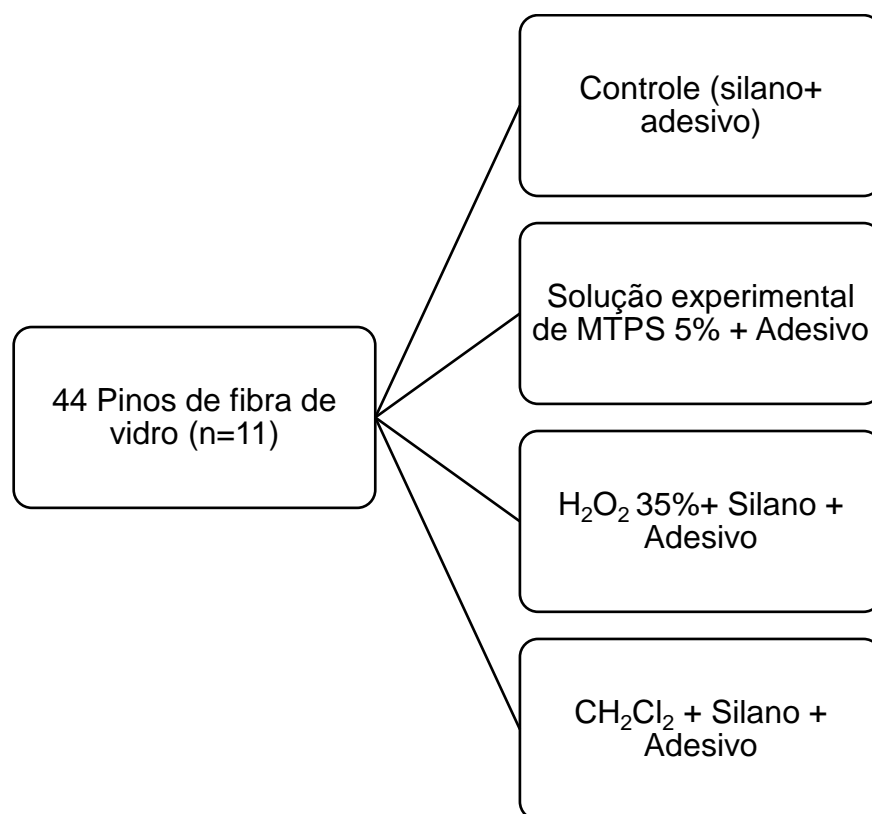


Figura 3 - Ilustração da divisão dos grupos em estudo.

3.2.2 Confeção da Matriz de Silicone

As restaurações de resina composta para núcleo de preenchimento (Allcem Core, FGM) de dupla ativação foram confeccionadas, como descritas por de Sousa Menezes et al., (2011). Para confecção da matriz, um pino de fibra foi posicionado sobre cera utilidade e duas placas de acetato com

dimensões 8x4x1mm fixadas com adesivo à base de cianocrilato (Super Bonder, Loctite, Brasil) nas laterais do pino (Figura 4A). A matriz foi novamente posicionada sobre a cera, de forma perpendicular e um cilindro de PVC de 20 mm de diâmetro e 15 mm de altura foi posicionado sobre este conjunto cera e matriz (figura 4B). O silicone de adição translúcido (Elite transparent, Zhermack, Badia Polesine, Italy) foi manipulado e vertido no interior do cilindro de PVC (figura 4C). Após a polimerização, resultou em molde da matriz, cujo interior reserva o espaço do pino e das placas de acetato (figura 4D).

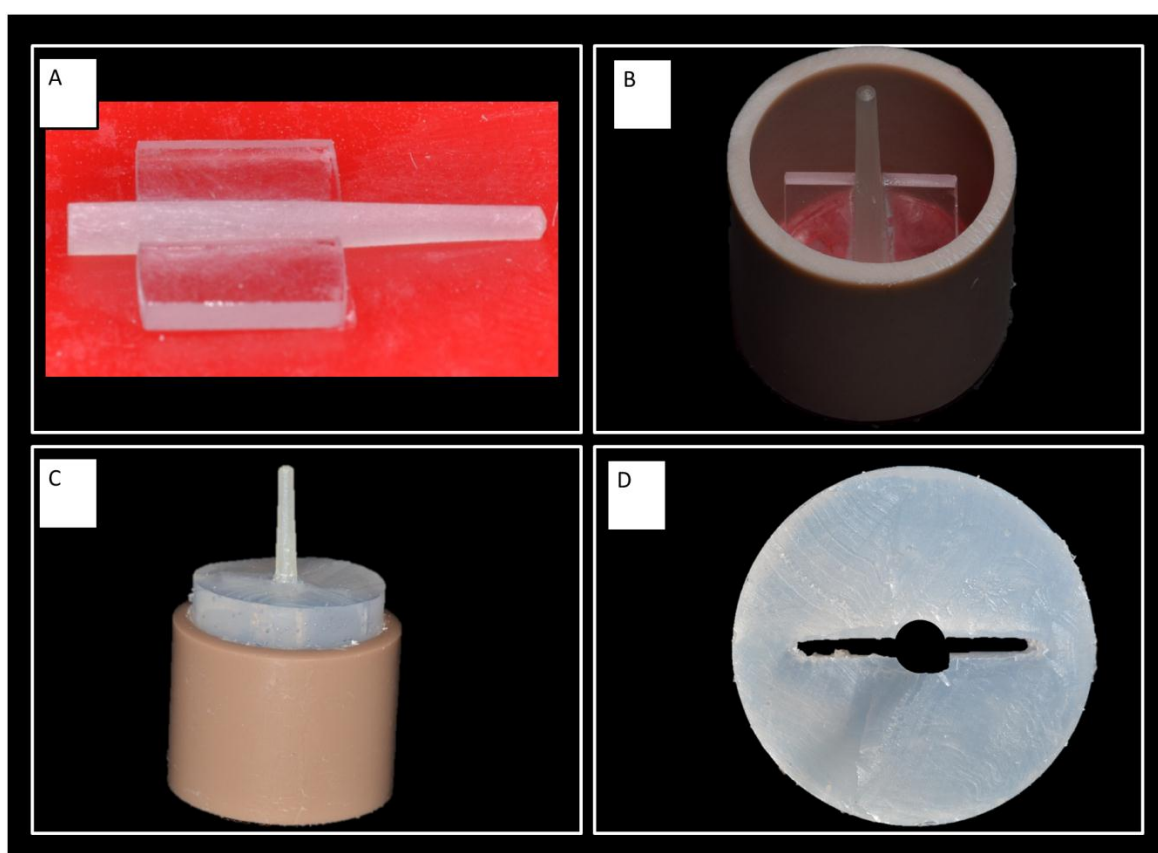


Figura 4 - (A) Fixação das placas de acetato ao pino de fibra, ancorados por uma base de cera utilidade; (B) Adaptação da matriz dentro do cilindro de PVC, ancorados por uma base de cera utilidade; (C) Remoção da matriz do interior do molde e (D) Molde de silicone de adição contendo o espaço equivalente ao pino e as placas de acetato, para posterior inserção do pino e preenchimento com resina para núcleo.

3.2.3 Confeção das Restaurações

Após o tratamento de superfície específico para cada grupo, o pino de fibra foi inserido no interior do molde de silicone no seu espaço correspondente (Figura 5A). A resina composta para núcleo de preenchimento (Allcem Core, FGM Produtos Odontológicos) foi inserida no espaço correspondente ao das placas de acetato, com auxílio da ponta aplicadora específica que acompanha a resina utilizada (Figura 5B). Aguardou-se 5 minutos para a polimerização química da resina e após este tempo, as amostras foram fotoativadas com unidade fotopolimerizadora de LED (Radii-Cal, SDI, Bayswater, Victoria, Australia) durante 40 segundos de cada lado, totalizando 80 segundos (Figura 5C). As amostras foram removidas (Figura 5D) e armazenadas em água destilada à 37°C.

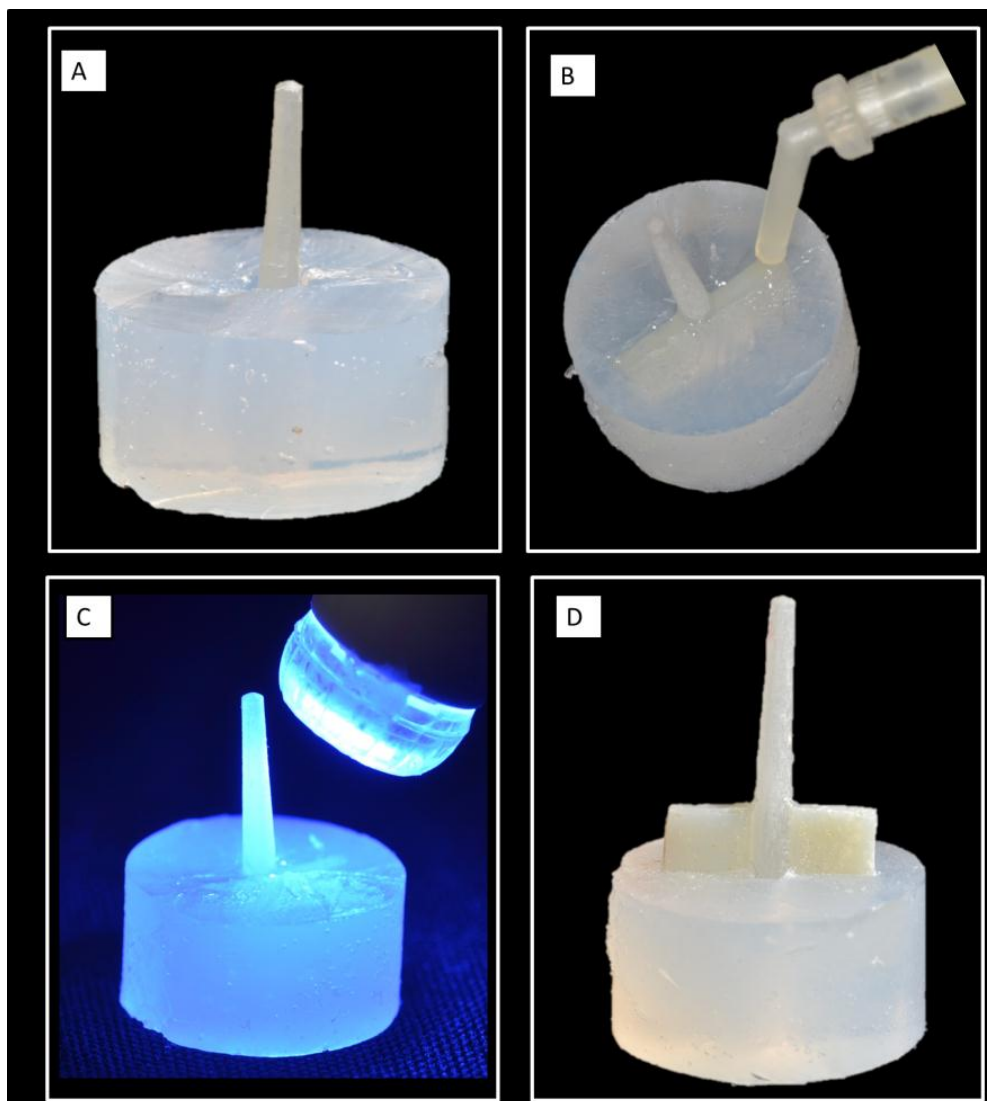


Figura 5 – (A) Pino inserido no interior do molde de silicone; (B) inserção da resina composta; (C) fotoativação e (D) remoção da amostra.

3.2.4 Corte das amostras em cortadeira de precisão.

Após 24 horas, as amostras foram fixadas em placas de acrílico, utilizando cera pegajosa em bastão (Figura 6A) e o conjunto foi adaptado à cortadeira metalográfica de precisão (Exttec, Enfield, CT, USA) (Figura 6B). Foram realizados cortes seriados, perpendiculares ao longo eixo do pino, utilizando disco de diamante dupla face sob refrigeração, com a velocidade de corte calibrada em 250 rpm (Figura 6C). Foram obtidas 4 a 5 fatias por amostra

(Figura 6D), com diâmetro de aproximadamente 1mm^2 , em formato de palito, constituídas por resina/pino/resina (Figura 6E).

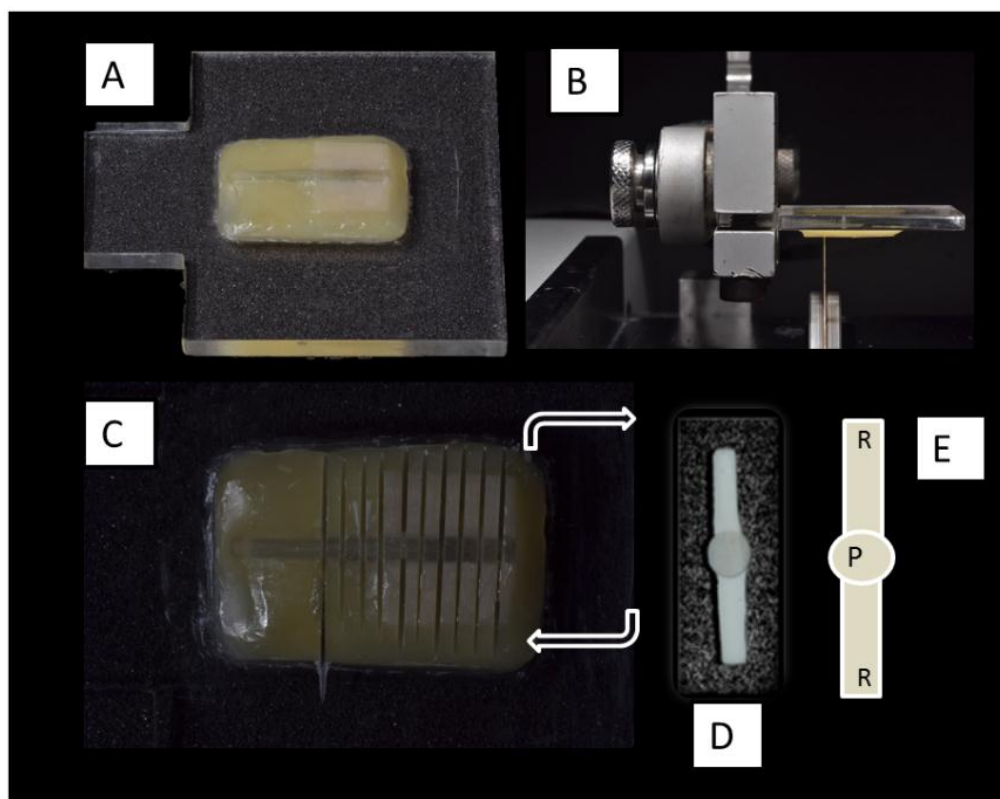


Figura 6 - (A) Fixação da amostra na placa de acrílico, por meio de cera pegajosa; (B) Adaptação do conjunto à cortadeira de precisão; (C) Cortes seriados com disco de diamante refrigerado com água e (D) Amostra em forma de palito após corte perpendicular ao longo eixo do pino e (E) Desenho esquemático da amostra formada por resina (R) e pino (P).

3.2.5 Ensaio Mecânico de Microtração

Foi utilizada a máquina de ensaios mecânicos (Microtração OM100; Odeme, Luzerna, SC, Brasil) (figura 7A). Dois palitos correspondentes à cada amostra foram fixados com adesivo a base de cianocrilato em gel (Super Bonder, Loctite, Brasil) e acelerador de presa (Zip Kicker – PT 50, Hobby Tools, Melbourne, Victória, Austrália) na garra para teste de microtração (Jig de Geraldeli, Odeme). A fixação das amostras foram realizadas como descrito por

Raposo LH et al., (2012). A cola à base de cianocrilato foi depositada no Jig de Girardeli, o palito posicionado sobre a garra e inserido novamente cola nas extremidades do palito seguido pela aplicação do acelerador de presa sobre a cola (Figura 7B). Em seguida, o ensaio mecânico de microtração foi realizado com carregamento de tração à uma velocidade de 0,7 mm/min, até ocorrer o rompimento dos espécimes (Figura 7C).

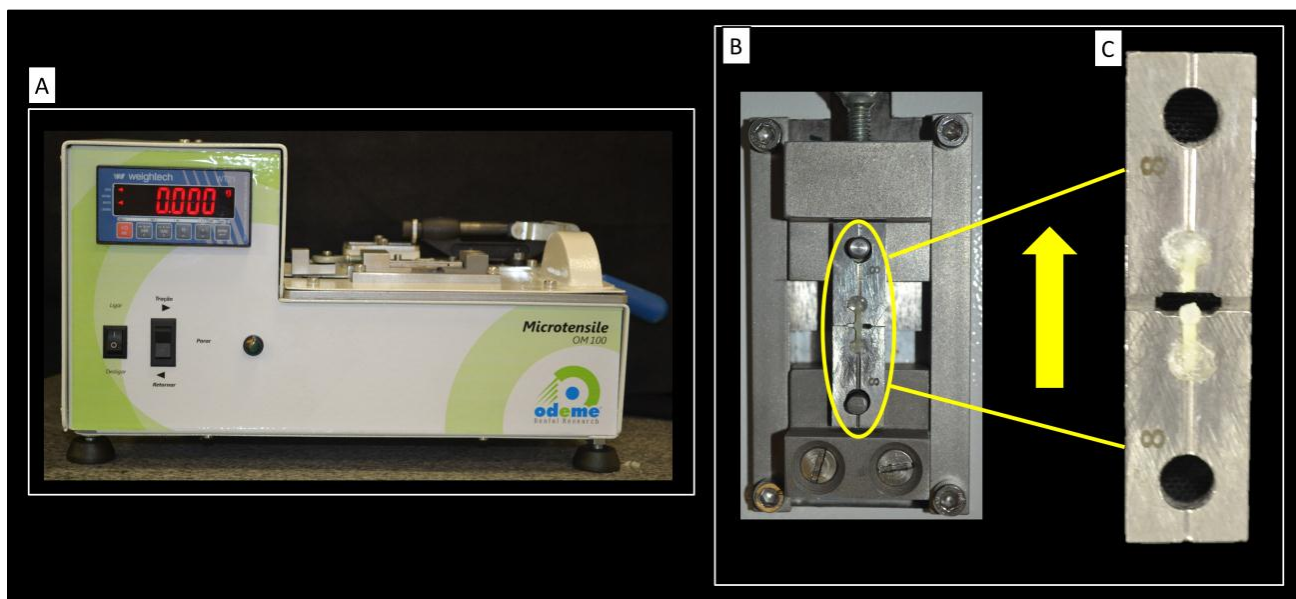


Figura 7 - (A) Máquina de ensaios mecânicos (Microtração OM100; Odeme); (B) Carregamento de tração ; (C) Ruptura da amostra.

Após o teste, as amostras foram cuidadosamente removidas do dispositivo 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 o valor de resistência de união de cada amostra, unidade experimental (MPa).

3.3 Análise do ângulo de contato

3.3.1 Confecção das amostras

Para avaliação do ângulo de contato, vinte pinos de fibra foram incluídos em cilindros de resina acrílica (JET, Clássico, Campo Limpo Paulista, SP, Brasil) para estabilização das amostras durante a análise. Os pinos foram posicionados em uma placa de cera utilidade. Um cilindro de PVC de 20 mm de diâmetro e 15 mm de altura foi posicionado sobre o pino e a resina acrílica foi proporcionada e vertida no interior do cilindro de PVC (Figura 8).

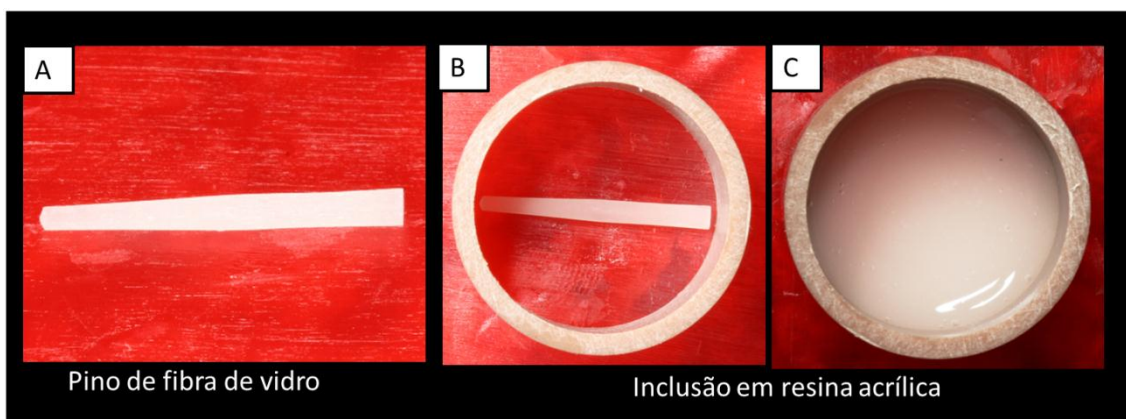


Figura 8 - (A) Posicionamento do pino na placa de cera utilidade; (B) inserção do cilindro de PVC e (C) Inclusão do pino em resina acrílica.

Após a polimerização, o cilindro de PVC foi removido e os pinos foram planificados em uma politriz (Arotec) com lixas sequenciais de carbetto de silício de granulação 400, 600 e 1200 (Norton, Campinas, SP, Brasil) (Figura 9). Posteriormente, foram lavados em água corrente e levados ao ultrassom, com água destilada, por 20 minutos com objetivo de remoção de resíduos.



Figura 9 - (A) Polimento das amostras com lixas de carbeto de silício; (B) amostras de pinos de fibra de vidro com superfície planificada.

A planificação foi necessária para análise do ângulo de contato, pois a gota deve ser depositada sobre a superfície plana. No caso deste estudo, a curvatura do pino poderia influenciar negativamente na análise, pois o aparelho utilizado poderia mensurar além da curvatura da gota a curvatura do pino, o que poderia comprometer os resultados. Como a superfície do pino foi modificada com a planificação, foi realizado análise em microscopia eletrônica de varredura desta superfície para avaliar possíveis alterações na superfície do pino polido, o que poderia comprometer os resultados. Entretanto, foi observado poucas alterações na superfície (Figura 10), mantendo-se o mesmo padrão da morfologia de superfície e assim foi possível dar continuidade a pesquisa.

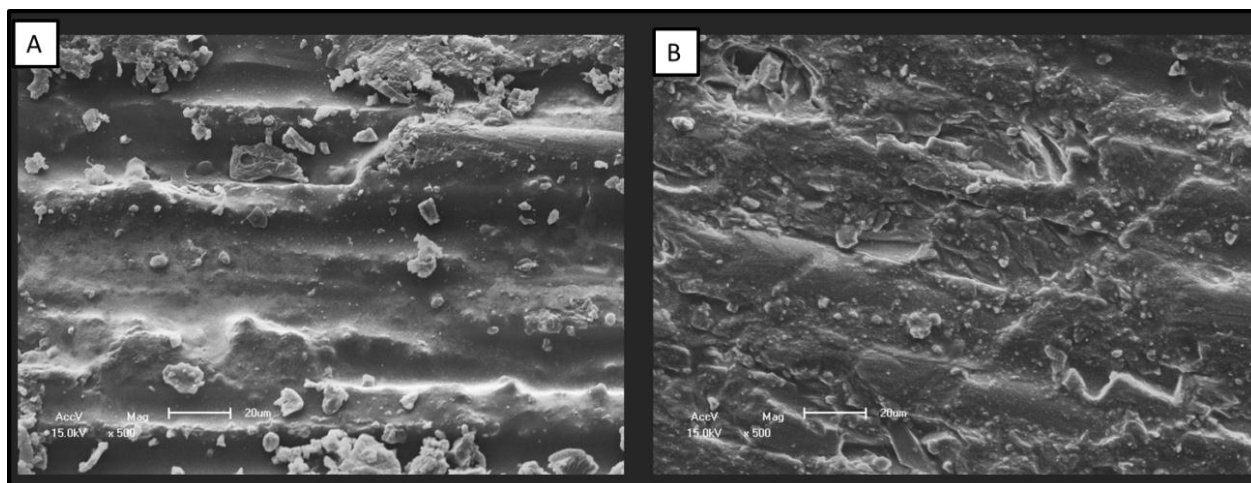


Figura 10 – (A) Superfície do pino de fibra sem polimento e (B) superfície do pino de fibra polido com lixas de carbeto de silício.

3.3.2 Tratamentos de superfície

As amostras foram divididas aleatoriamente em quatro grupos (n=5). As superfícies dos pinos foram tratadas de acordo com os protocolos descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Protocolos utilizados para tratamento da superfícies dos pinos de fibra de vidro.

Grupos experimentais	Protocolos
Controle	1. Nenhum tratamento de superfície.
MTPS	1. Imersão dos pinos em 2 ml de solução experimental de MTPS 5% por 1 minuto; 2. Aquecimento em 120 ° C por 1 hora.
H ₂ O ₂	1. Aplicação com microbrush de H ₂ O ₂ 35% utilizado para clareamento dental, por 1 minuto; 2. A superfície de pino foi lavada com água destilada e seca com jato de ar.

CH_2Cl_2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicação com microbrush de CH_2Cl_2, por 1 minuto; 2. A superfície de pino foi lavada com água destilada e seca com jato de ar.
--------------------------	---

3.3.3 Mensuração do ângulo de contato

Para a mensuração do ângulo de contato as amostras foram posicionadas na plataforma do tensiômetro (Theta Lite TL101, Biolin Scientific Inc., Finlândia). Para estimar a hidrofobicidade da superfície, o ângulo de contato avaliado com água foi medida anteriormente a aplicação de silano. Um pequeno volume de água destilada (3 μl) foi depositada sobre a superfície do pino com auxílio de uma micropipeta. Cada gota teve sua imagem capturada durante 30 segundos e os ângulos de contato foram determinados pelo método da gota séssil estática. Três gotas de água destilada foram mensuradas em cada amostra (Figura 11).

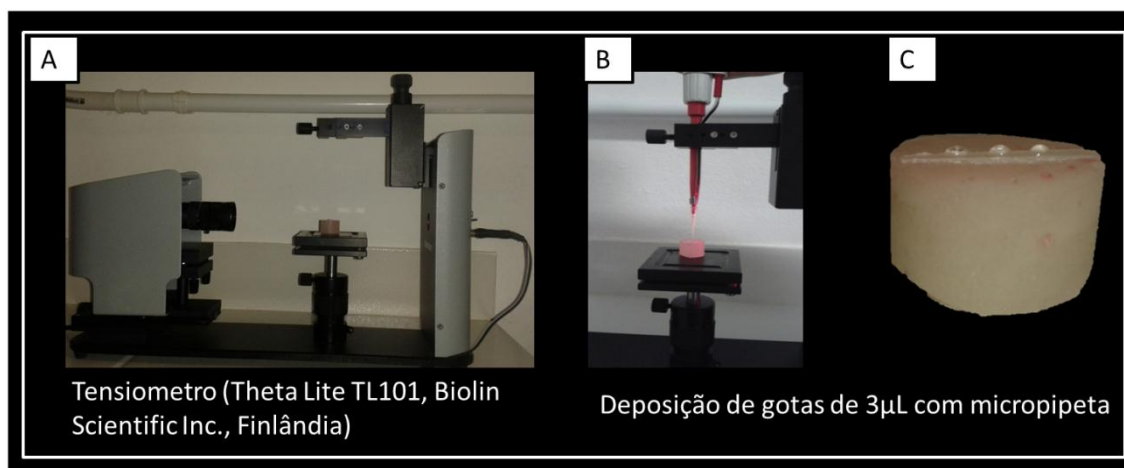


Figura 11 - (A) Amostras posicionadas na plataforma do Tensiômetro; (B) deposição de gotas de 3 μL sobre as amostras, em triplicata.

Após esta primeira medição, o silano (Prosil, FGM Produtos Odontológicos) foi aplicado nas amostras submetidas aos diferentes tratamentos de superfície com auxílio de um microbrush. Foi depositado 3 μl de

adesivo (Scotchbond, 3M ESPE) sobre a superfície das amostras e o ângulo de contato produzido pelo adesivo foi também analisado.

As medidas do ângulo de contato foram analisadas pelo software (OneAttension, Biolin Scientific Inc) realizado a média do valor no segundo inicial, após 15 segundos e após 30 segundos de aplicação da gota (Figura 12).

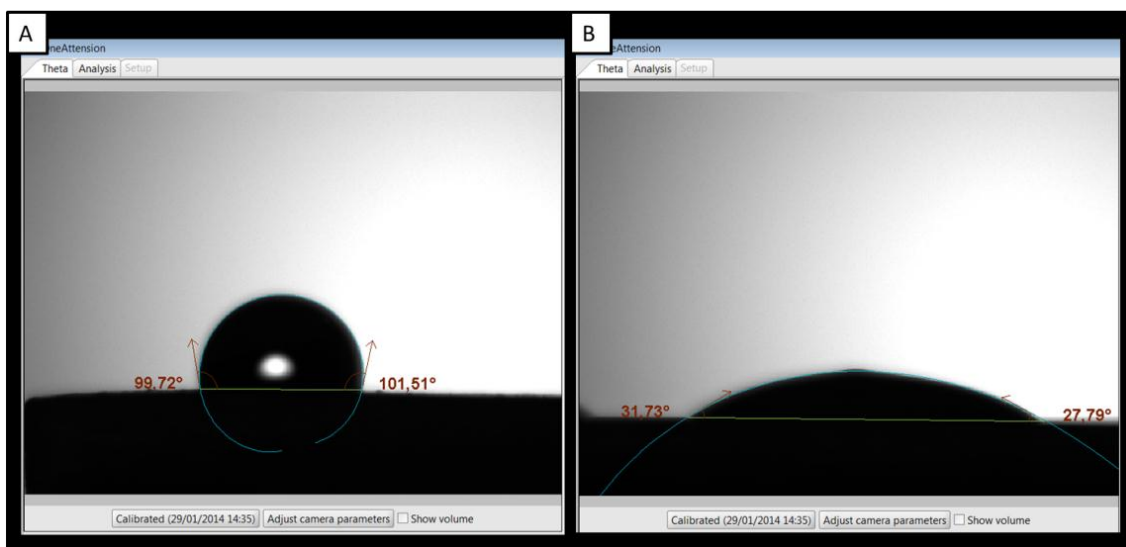


Figura 12 - (A) Imagem representativa do ângulo de contato formado com a água e (B) com adesivo.

3.4 Análise da rugosidade de superfície

Para mensurar a topografia de superfície dos pinos de fibra após os diferentes tratamentos de superfície, foi realizada a análise por Interferômetro laser (*Microfocus Expert IV, UBM*). Este equipamento de caracterização de topografia de superfície por medição óptica possui princípio de funcionamento que baseia-se na varredura do feixe laser de diodo sobre a amostra, o foco é continuamente ajustado de acordo com a superfície varrida. Este equipamento possui resolução lateral de 0,1 μm e vertical de 60 nm, permitindo a análise da textura da superfície e as mudanças dos parâmetros topográficos.

Vinte pinos de fibra foram divididos aleatoriamente em quatro grupos ($n= 5$). As superfícies dos pinos foram tratadas com os protocolos descritos na

Tabela 1. Para padronização das leituras, os pinos foram posicionados em uma cera utilidade e posicionados na plataforma do interferômetro (Figura 13). O feixe de laser foi posicionado paralelamente as amostras, ajustado até obter o foco ideal e submetido à varredura na superfície dos pinos. Em cada amostra foi realizado a varredura de 200 perfis de 4000 pontos. As imagens geradas de cada amostra possuem 4000 x 200 pontos, ou seja, 1000 x 100 pontos/mm.

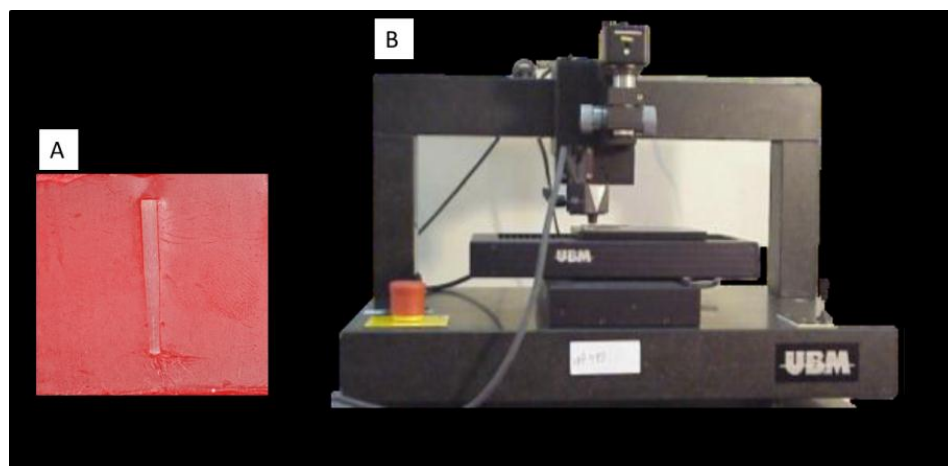


Figura 13 - (A) Pino posicionado na placa de cera utilidade e (B) Interferômetro laser (*Microfocus Expert IV*, *UBM*).

Os dados obtidos foram analisados por meio do software (Mountains Map Universal, Digital Surf Versão 3.0), que possibilita a caracterização das superfícies. Os seguintes parâmetros de topografia foram calculados:

Ra = Média aritmética do perfil de rugosidade;

Rq= Rugosidade quadrada aritmética;

Sa = Média aritmética da rugosidade tridimensional;

Sq = Desvio médio quadrático da rugosidade superficial.

Os parâmetros topográficos Ra e Rq são bidimensionais e Sa e Sq tridimensionais.

3.5 Preparo das amostras: Análise em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e análise de Energia Dispersiva de Raios-X (EDS).

Para análise do padrão da morfologia da superfície em MEV e EDS 8 pinos foram divididos aleatoriamente em 4 grupos ($n=2$). Os tratamentos realizados seguiram o protocolo descrito na Tabela 1. Em seguida, todos os pinos foram limpos em cuba ultrassônica contendo água destilada por 5 minutos, imersos em álcool 95%, secos com jato de ar e armazenados em estufa a 37°C por 1 hora. Em seguida, os espécimes foram posicionados em fita dupla de carbono, levadas ao interior do microscópio e submetidas à vácuo.

As imagens dos pinos submetidos a diferentes tratamentos de superfície foram realizadas utilizando um MEV (TM 3000 Tabletop Microscope, Hitachi, Closter, New Jersey, EUA) com aumentos padronizados em 250, 500 e 1000x. A análise em EDS foi utilizada para verificar os componentes químicos na superfície das amostras.

3.6 Análise Estatística dos dados

A análise estatística foi realizada empregando-se o software de estatística SigmaStat v.3.5 (Systat Software Inc., Chicago, IL, EUA). Os dados apresentaram distribuição normal e homogênea, possibilitando a aplicação de testes paramétricos para comparação entre as médias. Os dados de resistência de união, ângulos de contato e análise de superfície foram submetidos individualmente à análise de variância (ANOVA) de um único fator, seguida do teste post hoc de Tukey. O nível de significância foi estabelecido em $\alpha = 0,05$ para todas as análises.

4. RESULTADOS

4.1 Resistência de união (Ensaio mecânico de microtração)

Os valores médios e intervalo de confiança da resistência de união obtido pelo ensaio mecânico de microtração estão descritos na Tabela 2. ANOVA mostrou efeito significativo do tratamento de superfície de pino de fibra de vidro ($P < 0,001$). O tratamento com a solução experimental de MTPS 5% resultou nos maiores valores de resistência de união. Não houve diferença entre os demais tratamentos avaliados.

Tabela 2- Valores de resistência de união (MPa) dos pinos de fibra após diferentes tratamentos de superfície.

Tratamento de superfície	Resistência de união (MPa)
Controle	20,1 (16,7-23,4) ^b
MTPS	34,1 (31,3-36,9) ^a
H ₂ O ₂	20,4 (16,6-24,3) ^b
CH ₂ Cl ₂	21,9 (18,3-25,4) ^b

* Grupos identificados com letras diferentes apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$).

4.2 Ângulo de contato

Os valores médios e intervalo de confiança do ângulo de contato estão descritos na Tabela 3. Para análise dos ângulos de contato com a água ($P = 0,014$) e com o adesivo ($P = 0,003$), ANOVA revelou um efeito significativo do tratamento da superfície.

O tratamento com a solução experimental de MTPS 5% resultou nos menores valores de ângulo de contato entre a superfície dos pinos de fibra e água, ou seja, houve maior molhabilidade de superfície, apresentando diferença estatística com o grupo controle e do grupo tratado com peróxido de hidrogênio (H_2O_2). O grupo tratado com cloreto de metileno (CH_2Cl_2) resultou em valores intermediários, sem diferença em relação aos demais tratamentos.

Nos ângulos de contato analisados com o adesivo, o grupo controle apresentou os menores ângulos de contato e não foi observado diferença entre os tratamentos de superfície analisados.

Tabela 3- Valores do ângulo de contato ($^\circ$) dos pinos de fibra após diferentes tratamentos de superfície.

Tratamento de superfície	ângulo de contato Água ($^\circ$)	ângulo de contato Adesivo ($^\circ$)
Controle	96,2 (93,5-98,9) ^a	32,5 (27,6-37,4) ^b
MTPS	82,8 (75,9-89,7) ^b	49,6 (45,4-53,8) ^a
H_2O_2	97,0 (92,9-101,1) ^a	44,5 (40,5-48,5) ^a
CH_2Cl_2	84,9 (74,7-95,1) ^{ab}	43,5 (36,0-51,0) ^a

* Grupos identificados com letras diferentes apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$).

4.3 Rugosidade de superfície

Os valores médios e intervalo de confiança da análise topográfica realizada com interferômetro a laser são apresentados na Tabela 4. ANOVA mostrou que os tratamentos de superfície afetam os valores de Sa ($P < 0,001$), Sq ($P < 0,001$), Ra ($P = 0,001$) e Rq ($P < 0,001$). Para todos os parâmetros topográficos avaliados, os tratamentos de superfície aumentaram os valores, quando comparados ao controle e não houve diferença estatística entre os tratamentos.

Tabela 4 - Valores de rugosidade de superfície dos pinos de fibra após diferentes tratamentos de superfície.

Protocolos de Tratamentos de superfícies	Parâmetros			
	Sa	Sq	Ra	Rq
Controle	4,1 (3,6-4,5) ^b	5,1 (4,5-5,7) ^b	3,6 (3,2-4,0) ^b	4,5 (4,0-5,0) ^b
MTPS	5,5 (4,9-6,1) ^a	6,8 (6,1-7,5) ^a	4,9 (4,4-5,4) ^a	6,0 (5,4-6,6) ^a
H ₂ O ₂	5,4 (4,7-6,0) ^a	6,7 (6,0-7,5) ^a	5,0 (4,3-5,6) ^a	6,0 (5,2-6,8) ^a
CH ₂ Cl ₂	5,6 (5,1-6,1) ^a	6,9 (6,3-7,5) ^a	4,9 (4,5-5,3) ^a	6,1 (5,6-6,6) ^a
Valor de P	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001

* Grupos identificados com letras diferentes apresentaram diferença estatística.

4.4 Microscopia Eletrônica de Varredura e Energia Dispersiva de Raios X (EDS)

A análise qualitativa da superfície do pino sem qualquer tratamento de superfície e com os diferentes tratamentos, foi realizada com o propósito de avaliar se as modificações topográficas estão diretamente relacionadas à adesão, que poderia ser influenciada, tanto pelo aspecto morfológico quanto pela composição química, na resistência de união a resina composta do núcleo de preenchimento testada nesse estudo. Assim, além das imagens por MEV, obteve-se EDS a fim de se obter a identificação dos elementos químicos presentes nas amostras.

4.4.1 Superfície controle

O aspecto morfológico da superfície do pino íntegro está caracterizado nas Figuras 14 e 15. O pino sem tratamento de superfície apresentou algumas áreas de fibras cobertas pela resina epóxi e áreas de fibra de vidro exposta, no entanto, as fibras estão parcialmente recobertas pela resina epóxi, desta forma, sustentada pela resina do corpo do pino.

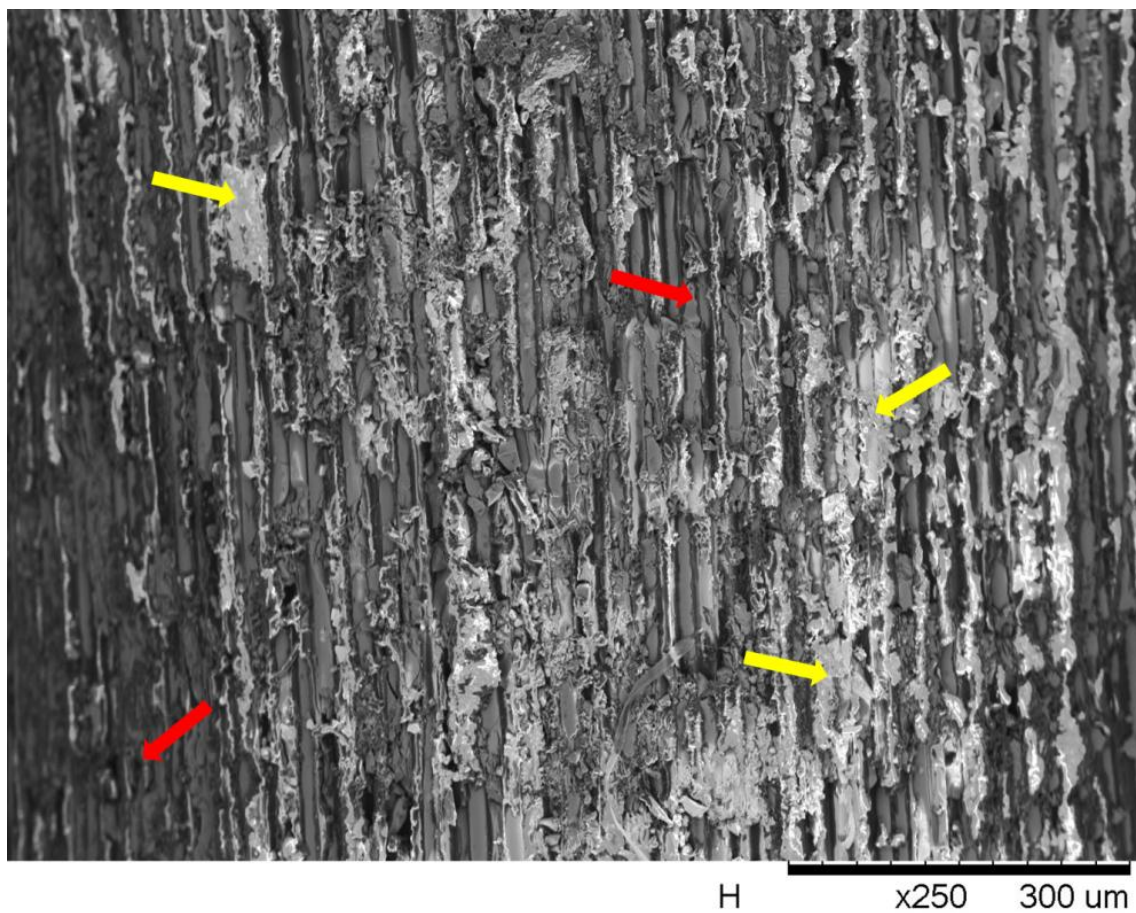


Figura 14 - Fotografia em MEV da superfície do pino sem tratamento de superfície, em magnitude 250X. Observa-se presença de áreas de resina epóxi (→) e algumas áreas de fibras expostas (→).

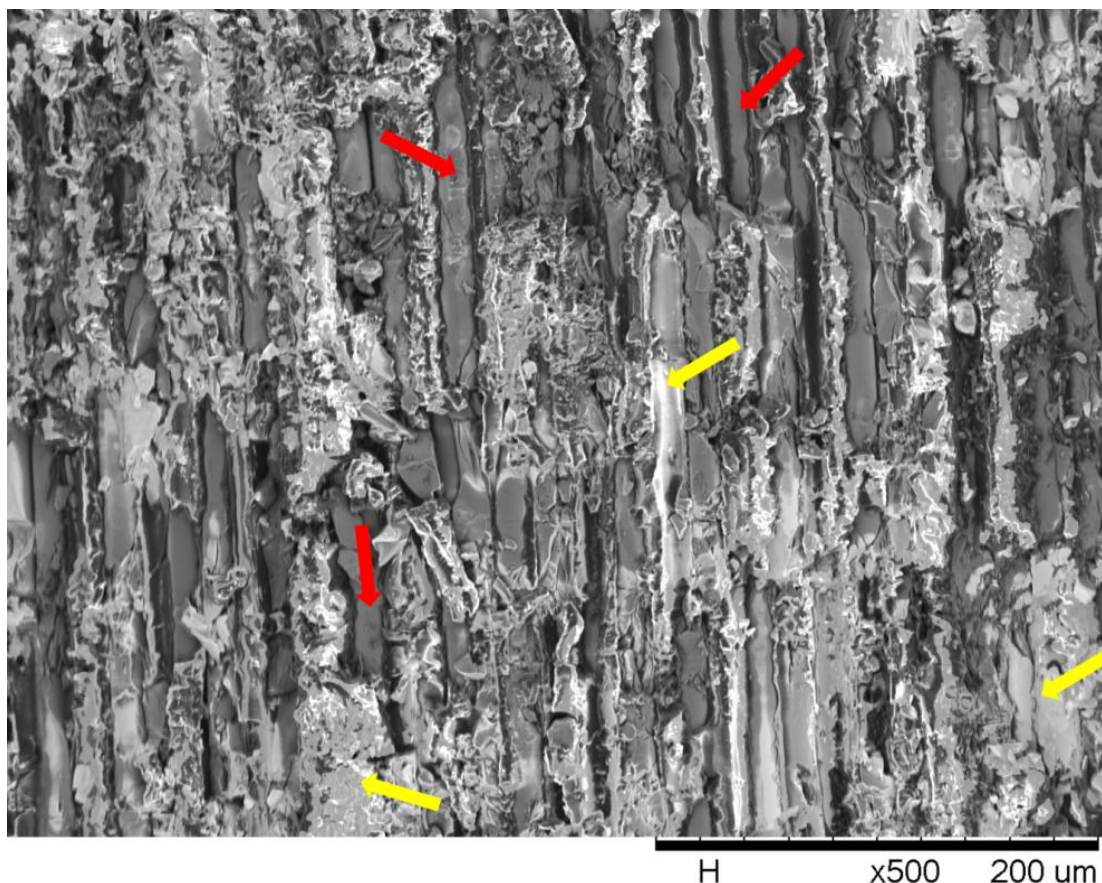


Figura 15 - Fotografia em MEV da superfície do pino sem tratamento de superfície, em magnitude 500X. Observa-se presença de áreas de resina epóxi (→) recobrando parcialmente as fibras de vidro expostas, (→) garantindo a sustentação das fibras no corpo do pino.

A análise qualitativa por Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios- X (EDS) apresenta o maior pico correspondente ao elemento carbono C (Carbono), seguido de Si (silício), O (oxigênio) e Al (alumínio) (Figura 16). De acordo com a análise qualitativa desta superfície, sugere-se a presença de camada de resina epoxi, pois, a presença de carbono e oxigênio faz parte do grupamento cíclico da estrutura molecular desse material (Gonzalez-Benito, 2003, Costa Dantas et al., 2012). A presença de Si (silício) e Al (alumínio) demonstra a presença de elementos constituintes da fibra de vidro (Costa Dantas et al., 2012).

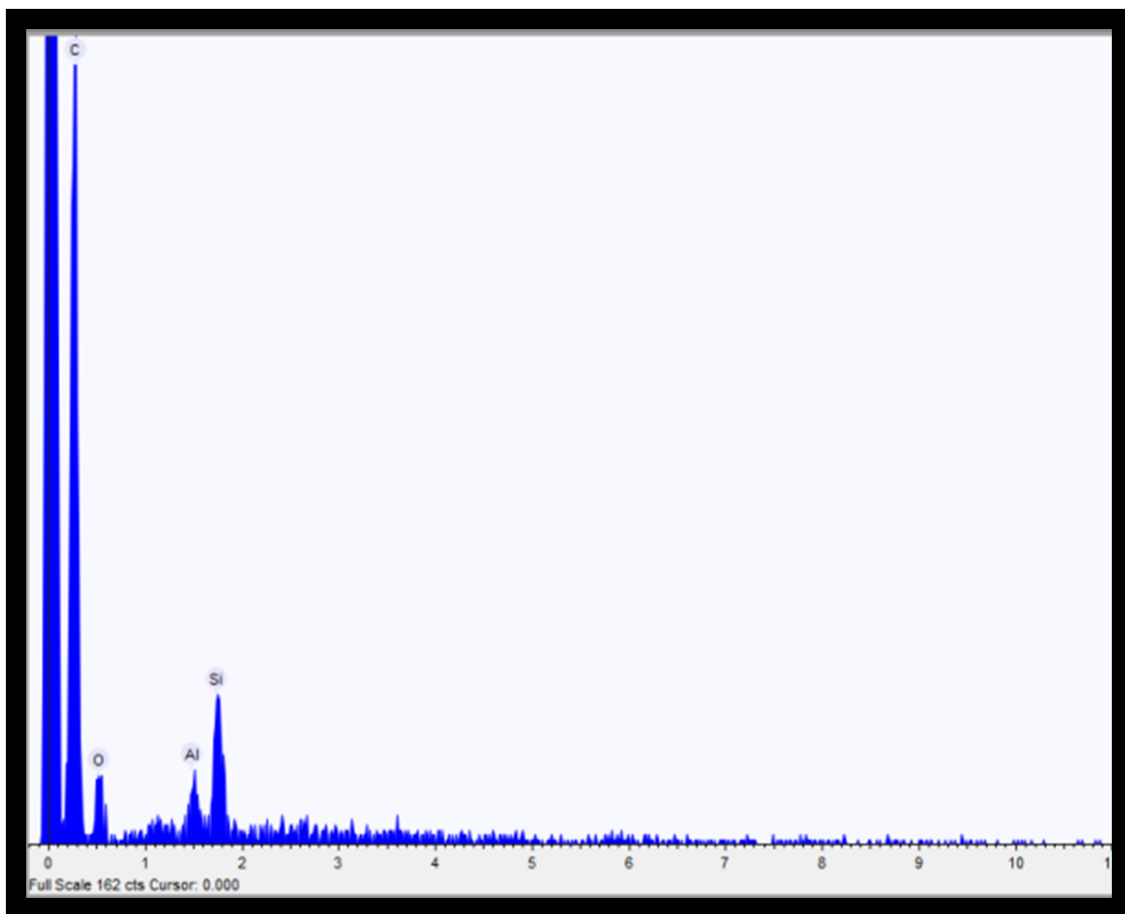


Figura 16 - EDS da superfície do pino sem nenhum tratamento de superfície.

4.4.2 Superfície do pino tratada com solução experimental de MTPS à 5%

O aspecto morfológico do pino de fibra submetido à aplicação da solução experimental de MTPS 5%, seguido do aquecimento em 120° C por 1 hora, esta representado nas Figuras 17 e 18. A imagem sugere modificação na estrutura morfológica do pino, apresentando a deposição de fina camada de siloxano sobre a resina epóxi.

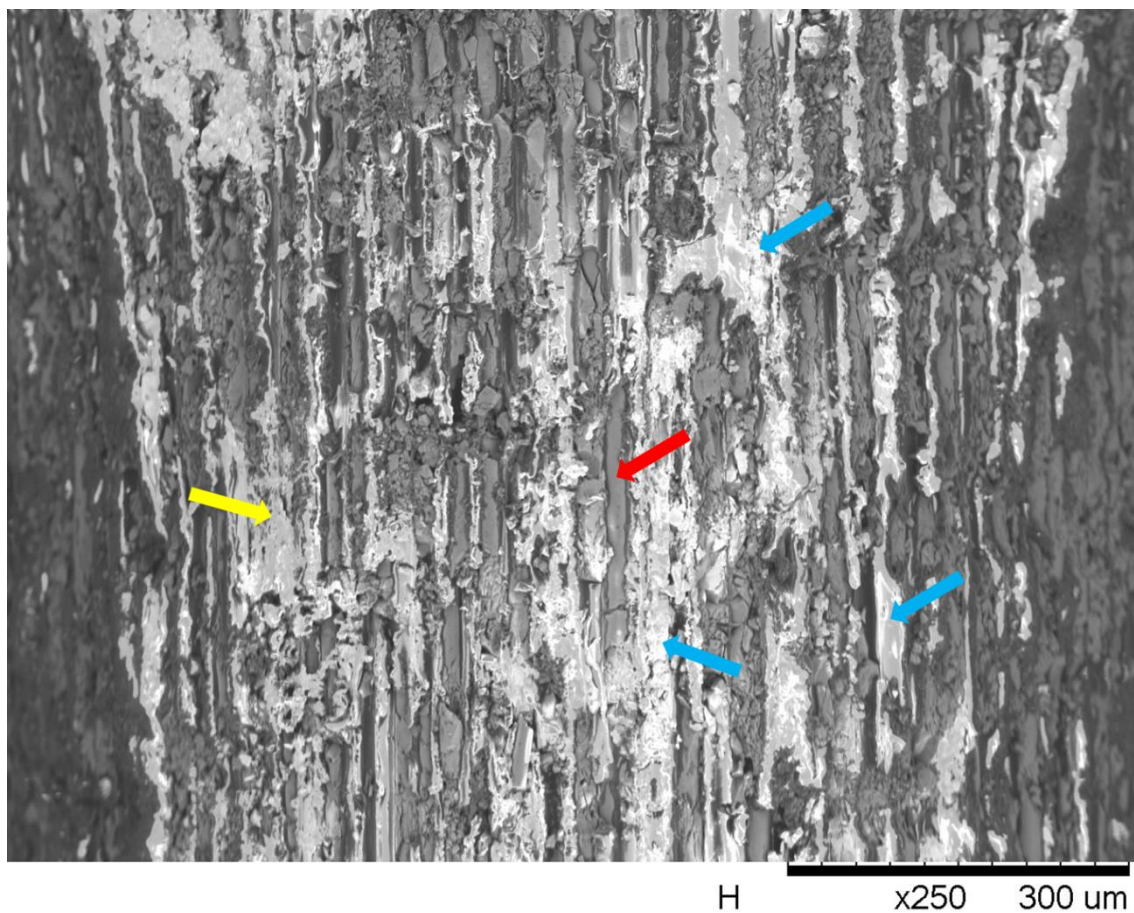


Figura 17- Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com MTPS, em magnitude 250X. Observa-se presença de áreas de resina epóxi (→); algumas áreas de fibras expostas (→) e recobertas pela deposição de siloxano (→).

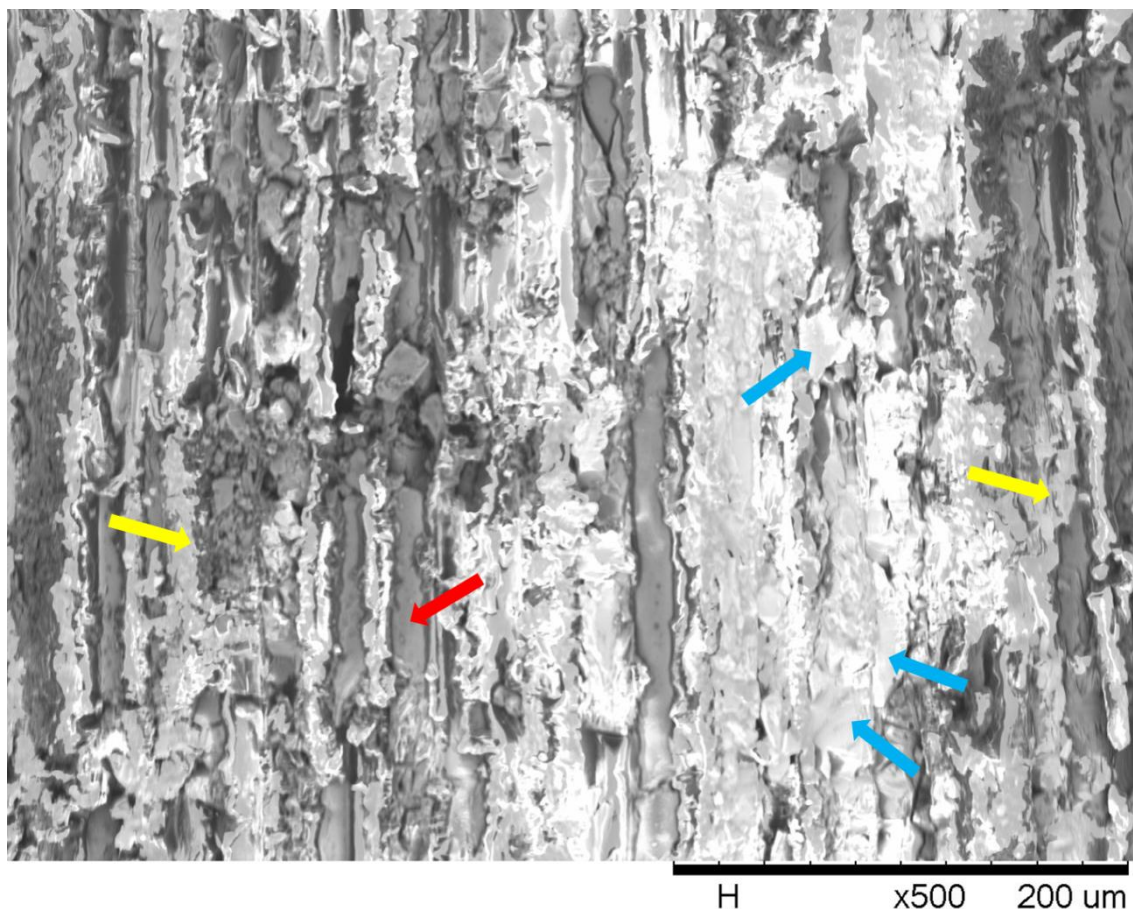


Figura 18 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com MTPS, em magnitude 500X. Observa-se presença de áreas de resina epóxi (→); poucas fibras expostas (→) provavelmente porque foram recobertas pela deposição de sioxano (→).

A Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios X (EDS) detectou em sua superfície a presença de maior concentração de Si (silício), seguido pelo C (carbono), O (oxigênio) e Na (sódio). A presença de silício sugere que nessa região houve deposição de siloxano após a imersão do pino na solução de MTPS 5%, aliado ao tratamento térmico, pois o elemento silício faz parte da estrutura molecular do siloxano (Si-O-Si) Figura 19. Os demais elementos encontrados estão presentes na composição da resina epóxi (Costa Dantas et al., 2012 ; Gonzalez-Benito, 2003).

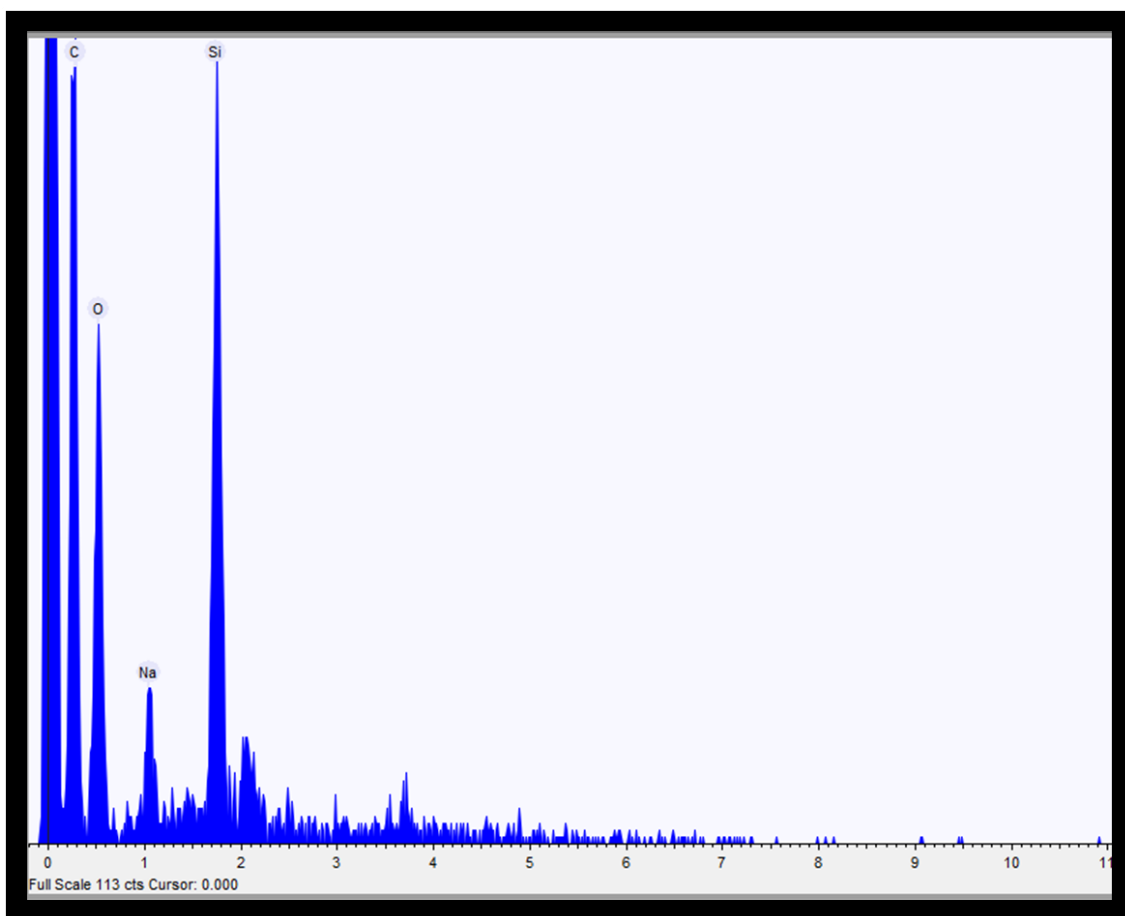


Figura 19 - EDS da superfície do pino tratado com a solução experimental de MTPS 5%, seguido de aquecimento término a 120°, por 1 hora.

4.4.3 Superfície do pino condicionado com solução de peróxido de hidrogênio 35%

O condicionamento da superfície do pino com peróxido de hidrogênio 35%, por 1 minuto, produziu alterações morfológicas caracterizadas pela remoção parcial da resina epóxi e exposição parcial das fibras. Observa-se, em algumas regiões, nichos sem fibras que foram deslocadas após remoção da resina pelo condicionamento com H_2O_2 (Figuras 20 e 21).

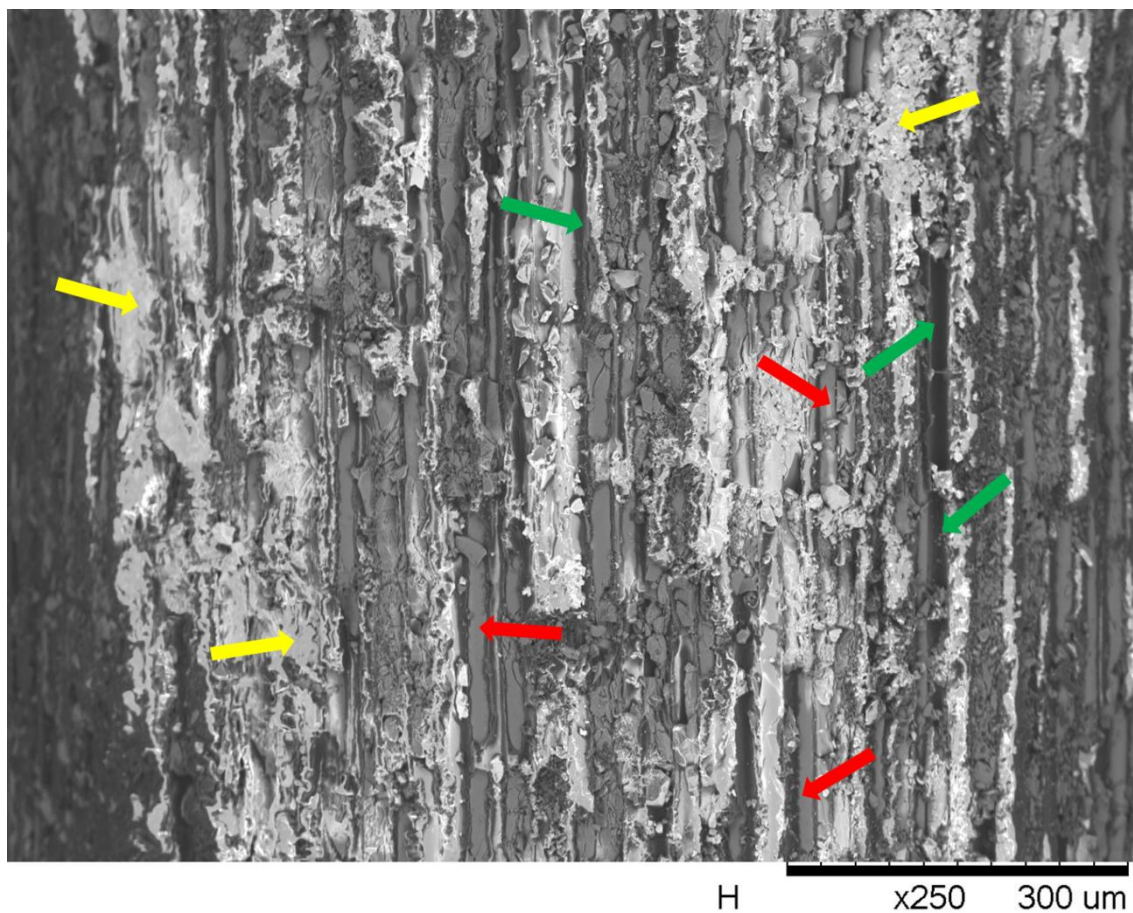


Figura 20 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 35% H_2O_2 por 1 min, em magnitude de 250X. Observa-se presença de áreas de resina epóxi (→); no entanto, houve maior remoção da resina epóxi, com áreas de exposição das fibras (→); nichos com ausência de fibras também foram observados (→).

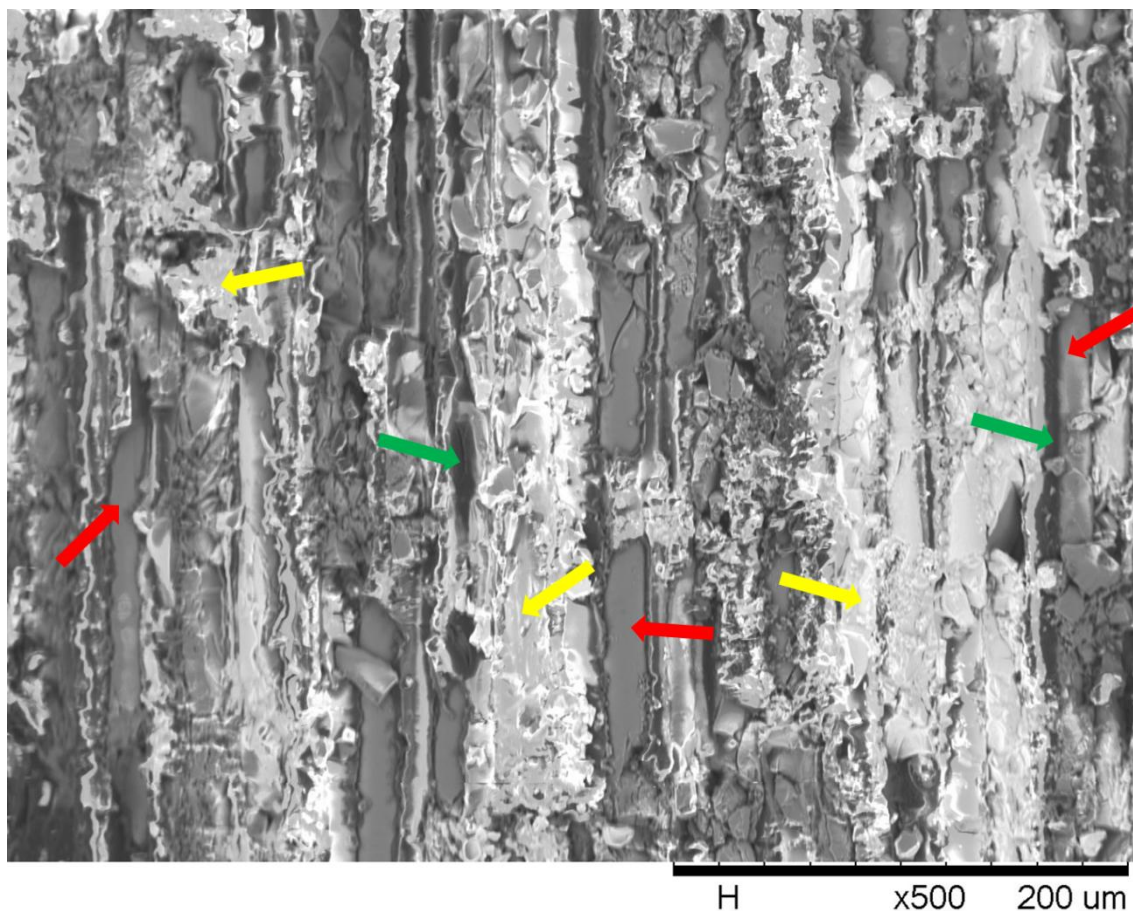


Figura 21 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 35% H_2O_2 por 1 min, em magnitude de 500X. Observa-se presença de resina epóxi (→); exposição das fibras (→) e nichos com ausência de fibras (→).

A EDS detectou em sua superfície a presença de maior concentração de C (carbono), seguido pelo Si, Zr, O e Na (Figura 22). O aumento na porcentagem de silício em comparação com o EDS dos pinos sem tratamento de superfície demonstra que houve maior exposição das fibras de vidro. A presença de zircônio também está associada à exposição das fibras (Petrie & Walker, 2012).

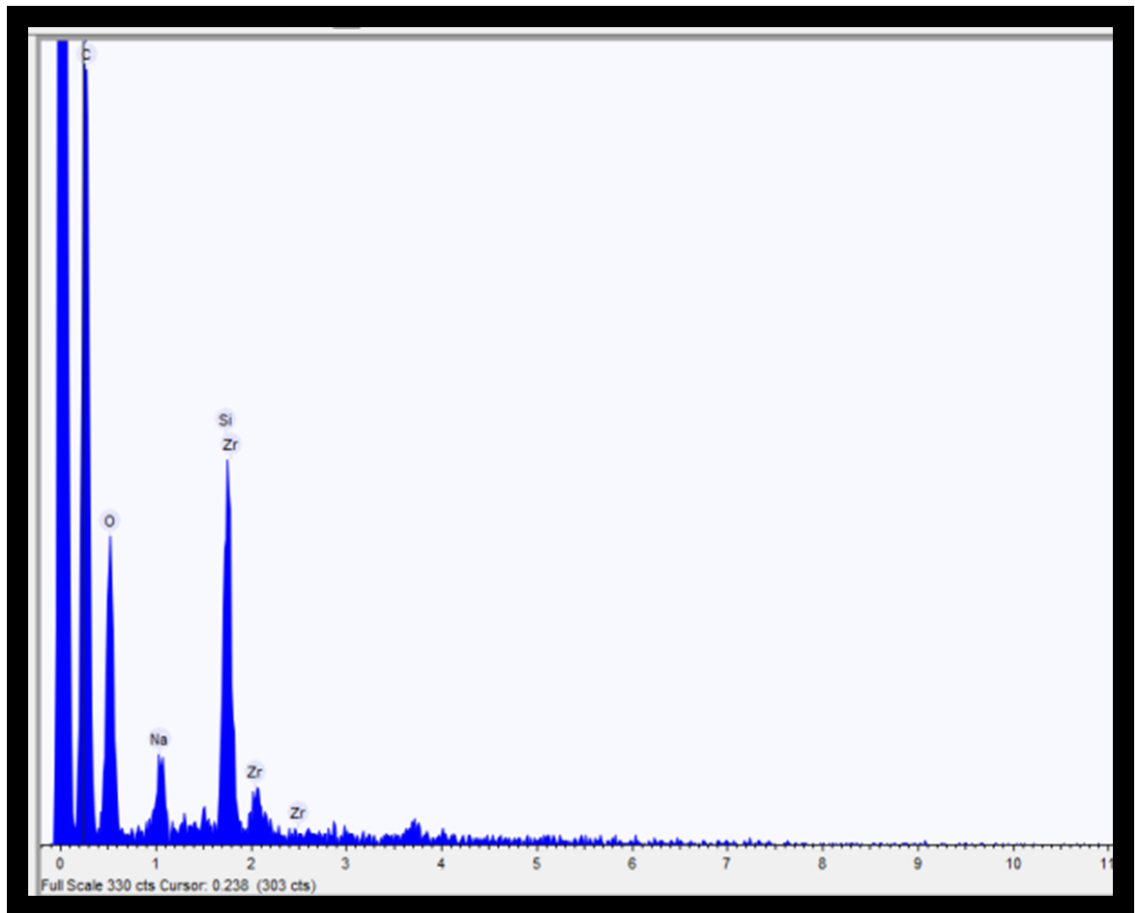


Figura 22- EDS da superfície do pino tratado com a solução peróxido de hidrogênio 35%, por 1 minuto.

4.4.4. Superfície do pino condicionado com solução de cloreto de metileno

Ao analisar a superfície do pino condicionado com cloreto de metileno (CH_2Cl_2), por 1min, pôde ser observada grande remoção da resina epóxi com exposição considerável das fibras em grande parte do pino. Contudo, observou também aumento da presença de falha na base entre a fibra de vidro e a resina epóxi. Observou-se ainda, maior quantidade de nichos sem presença de fibras (Figuras 23 e 24).

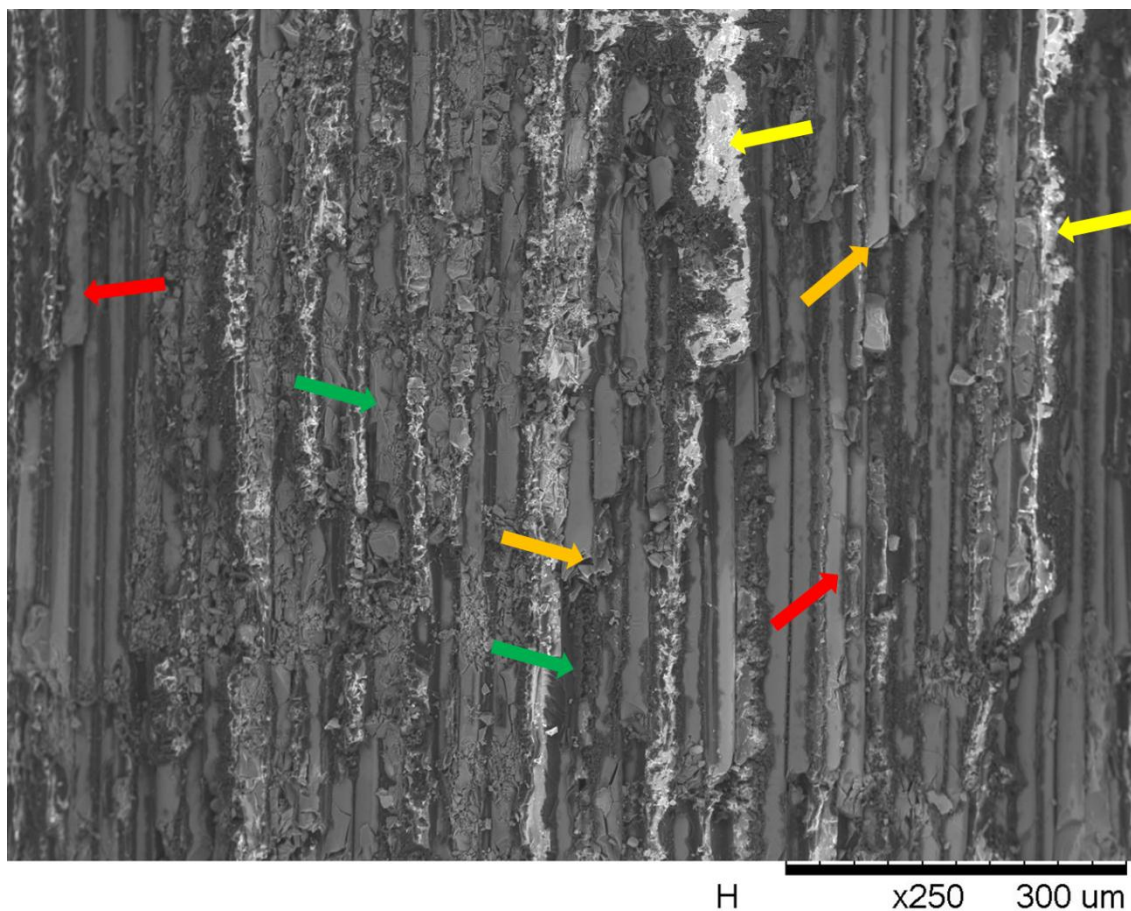


Figura 23 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com CH_2Cl_2 por 1 min, em magnitude de 250X. Nota-se grande remoção da resina (→) com exposição considerável das fibras em grande parte do retentor (→), contudo, aumenta também a presença de falha na base entre a fibra e a resina (→), e maior quantidade de nichos com ausência de fibras (→).

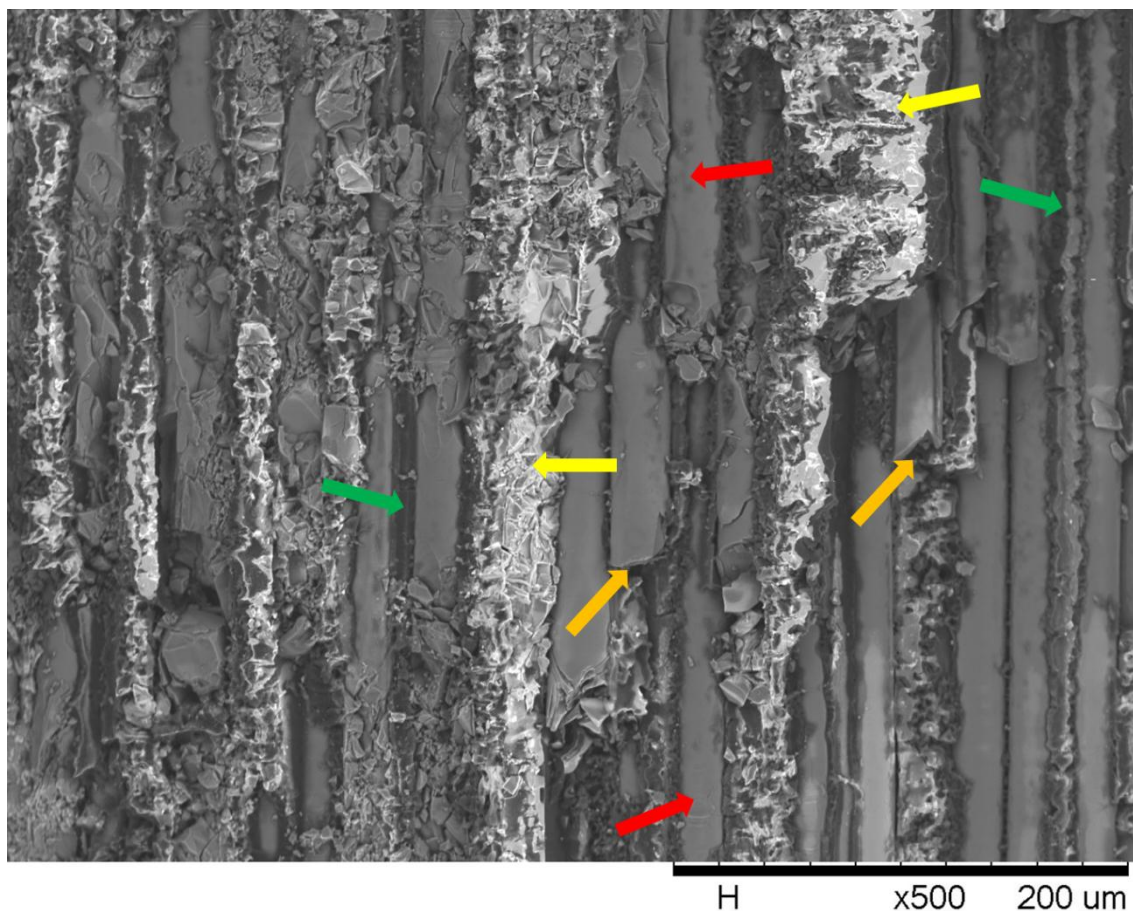


Figura 24 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com CH_2Cl_2 por 1 min, em magnitude de 500X. Nota-se presença de poucas áreas de resina epóxi (→), exposição considerável das fibras de vidro (→), presença de falha na base entre a fibra e a resina (→) e nichos com ausência de fibras (→).

O EDS detectou em sua superfície a presença de maior concentração carbono C, seguido de Ca, Si, O e Na (Figura 25). O aumento na porcentagem de silício em comparação com o pino sem tratamento de superfície, esta associada a maior exposição das fibras de vidro e a presença de carbono e oxigênio da estrutura de resina epóxi, que foi exposta após algumas fibras se destacarem do corpo do pino.

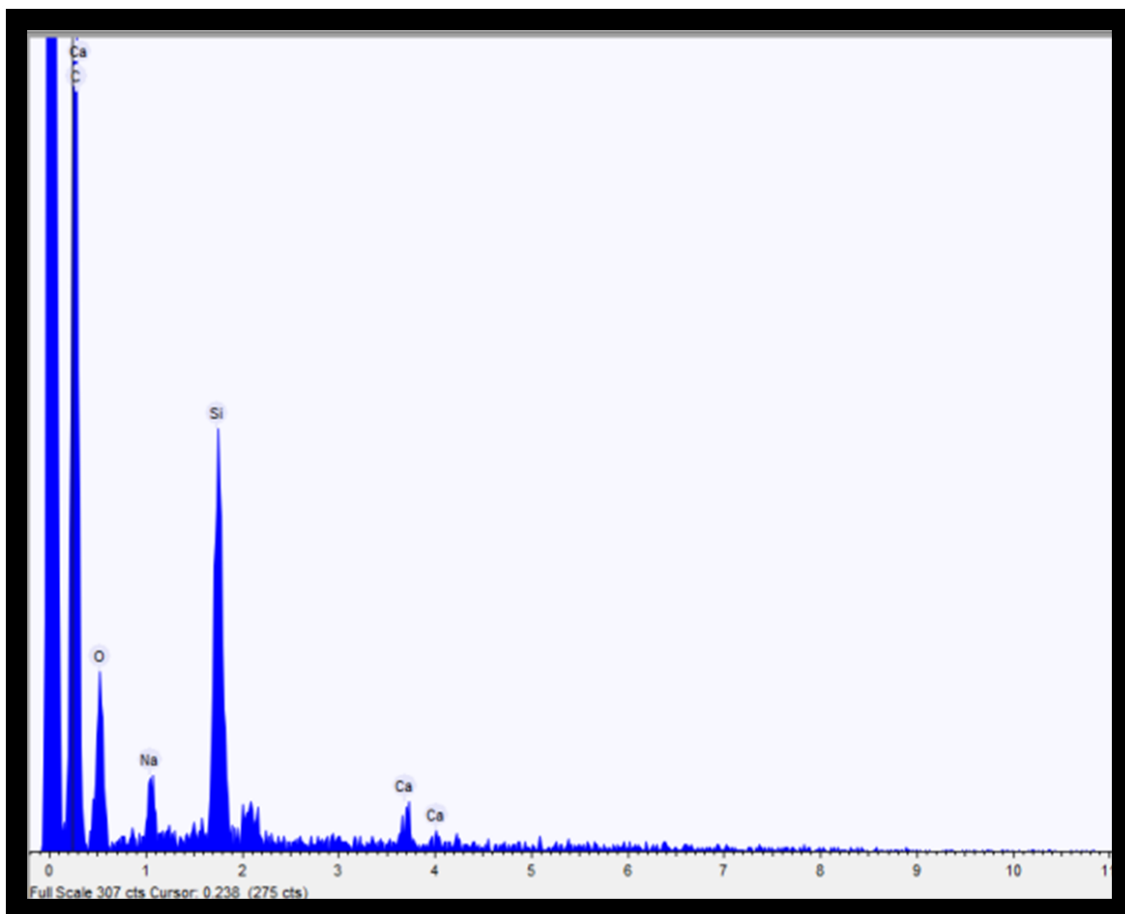


Figura 25 - EDS da superfície do pino tratado com cloreto de metileno, por 1 minuto.

5. DISCUSSÃO

No presente estudo, o tratamento de superfície com a solução experimental de MTPS à 5% aliado ao tratamento térmico foi efetivo para o aumento da resistência de união da interface entre o pino de fibra de vidro e a resina composta do núcleo de preenchimento, além de promover alterações na superfície do pino de fibra, aumentando a rugosidade. Os tratamentos com condicionamento do pino de fibra com H_2O_2 ou com CH_2Cl_2 não aumentaram a resistência de união da interface adesiva, permanecendo estatisticamente igual ao grupo controle. No entanto, também promoveram alterações na superfície do pino de fibra. Assim, a hipótese testada foi aceita.

A resistência de união dos pinos de fibra após os diferentes tratamentos de superfície pode ser mensurada por meio de diversos testes mecânicos encontrados na literatura, como o teste convencional de tração (Akin et al., 2014), teste de microcisalhamento (Yenisey & Kulunk 2008), teste de “pull-out” (Arslan et al., 2014), teste de “push-out” (Arslan et al., 2013; Machado et al., 2015), teste de “micropush-out” (Elsaka 2013) e teste de microtração (de Sousa Menezes et al., 2011; Menezes et al., 2014). Neste estudo, a adesão dos pinos de fibra ao núcleo de preenchimento, foi determinada pelo ensaio mecânico de microtração. Este teste possui a vantagem da obtenção de vários espécimes de fatias finas para o ensaio mecânico a partir de uma única amostra. Estes espécimes de pequena espessura e geometria uniforme permitem que ocorra uma distribuição de tensões uniforme em toda a interface adesiva, possibilitando avaliação mais precisa dos valores de resistência de união (Sano et al., 1994; Pashley et al., 1995).

Em um estudo anterior, a aplicação de CH_2Cl_2 por cinco segundos em pinos de fibra de quartzo com matriz de resina epóxi não foi eficaz no aumento da resistência de união destes pinos à resina composta do núcleo de preenchimento (Yenisey & Kulunk 2008). Estes resultados vão de encontro aos

achados neste estudo. No entanto, Elsaka (2013) relatou que a aplicação de CH_2Cl_2 por cinco e dez minutos, aumentou a resistência de união da interface entre pinos de fibra e a matriz de resina à base de metacrilato à resina composta do núcleo de preenchimento. A composição diferente dos pinos de fibra (com resina à base de metacrilato) e os utilizados neste estudo (à base resina epóxi), ou o maior tempo de condicionamento com cloreto de metileno pode explicar os diferentes resultados obtidos.

O tratamento de superfície com H_2O_2 à 35% não teve efeito significativo no aumento da resistência de união. No entanto, os resultados do presente estudo estão em conflito com estudos anteriores, que utilizando peróxido de hidrogênio nas concentrações de 10%, 24% e 35% que obtiveram valores de resistência de união maiores entre os diferentes sistemas de pino de fibra ao núcleo de preenchimento (Monticelli et al., 2006; de Sousa Menezes et al., 2011; Menezes et al., 2014). O peróxido de hidrogênio remove parcialmente a resina epóxi que recobre as fibras, aumentando a área de exposição para o agente de acoplamento silano se ligar quimicamente. As imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura mostram que a morfologia de superfície do pino de fibra de vidro foi modificada com a aplicação do peróxido de hidrogênio, houve remoção seletiva da resina epóxi e maior exposição das fibras de vidro quando comparado ao grupo controle. A análise por interferômetro laser também revelou mudanças nos parâmetros topográficos de rugosidade de superfície, aumentando a rugosidade superficial. A análise por EDS apresentou aumento na porcentagem do elemento atômico Si em comparação com o EDS dos pinos sem tratamento de superfície, além de ser observado a presença de Zr. A maior concentração de silício e a presença de zircônio estão associadas a uma maior exposição das fibras de vidro (Petrie & Walker 2012). No entanto, estas alterações morfológicas não foram suficientes para o aumento da resistência de união.

O tipo de pino de fibra de diferentes marcas comerciais (Bitter et al., 2007) e os diferentes cimentos resinosos (Wrbas et al., 2007) pode influenciar significativamente na resistência de união. As diferenças entre os materiais avaliados neste trabalho com os materiais testados nos demais estudos, pode

ser a causa de diferentes resultados encontrados. A resistência adesiva da interface dos pinos de fibra aos compósitos resinosos também foi influenciada pela utilização de compósitos de baixa viscosidade (Monticelli et al., 2006). Portanto, os diferentes tipos de compósitos resinosos (resina composta convencional, resina composta para núcleo de preenchimento e sistema adesivo) utilizados para confecção do núcleo de preenchimento pode ter uma influência significativa na resistência de união.

A maior parte dos pinos de fibras de vidro possui grande parte de sua superfície recoberta por resina epóxi, que tem elevado grau de conversão e constitui estrutura altamente reticulada, com cadeia polimérica com alta densidade de ligações cruzadas (Perdigão et al., 2006), não apresentando grupo funcional capaz de reagir com os monômeros resinosos (Lassila et al., 2004). Entretanto, possuem também algumas áreas de fibras expostas, sendo, sítios quimicamente reativos para ligação dos compósitos resinosos (Yenisey & Kulunk 2008). Os resultados da microscopia eletrônica de varredura mostraram padrões de morfologia de superfície do pino diferentes entre os grupos. O pino de fibra sem tratamento de superfície apresentou maior quantidade de resina epóxi em comparação com os grupos experimentais. Menores valores de rugosidade média da superfície também foram constatados. Por outro lado, a análise em MEV da topografia de superfície dos pinos condicionados com CH_2Cl_2 e H_2O_2 apresentaram modificação das superfícies de pinos de fibra de vidro. Os resultados da análise de interferômetro à laser revelou aumento na rugosidade de superfície do pino de fibra após o condicionamento com estas substâncias. O condicionamento atuou principalmente na matriz de resina de epóxi, muito provavelmente por dissolução. Ambos foram capazes de dissolver a resina epóxi e expor as fibras de vidro (Brorson et al., 2001) (Goncalves et al., 2013), no entanto, a retenção da fibra de vidro à matriz resinosa do pino foi afetada. Assim, o aumento da rugosidade de superfície não induziu aumento da resistência de união para estes grupos. A fibra de vidro provavelmente se soltou da matriz resinosa do corpo do pino, expondo novamente áreas de resina epóxi. Isso pode explicar os menores valores de resistência de união encontrados.

Os silanos organofuncionais contêm dois grupos funcionais reativos diferentes que podem se ligar aos pares com materiais inorgânicos e orgânicos (Matinlinna et al., 2004). O organosilano (3- Trimethoxysilyl propyl methacrylate) MTPS, apresenta em sua composição duas classes funcionais: um grupo hidrolizável, tipicamente alcoxi, e o grupo organofuncional (Shen, et al. 2004). Para a reação de ligação química se iniciar, a hidrólise dos grupos alcoxi deve ocorrer para formar os grupos de silanol reativos Si-OH (Lung & Matinlinna 2012). Este composto pode interagir com o material inorgânico, além de ligar-se com outros grupos silanol por meio de ligação cruzada, levando a formação de silaxano (Si-O-Si) (Lung & Matinlinna 2012). A reação química geralmente é catalisada por ácido ou por calor (Matinlinna et al., 2004). O tratamento térmico também pode evaporar o solvente e os produtos de reação voláteis formados durante a condensação dos grupos silanol e aumentar a densidade de locais de ligação disponíveis para solução de silano a reagir com a superfície (Lung & Matinlinna 2012; Debnath et al., 2003). Dessa forma, acontece a deposição de siloxano.

O organosilano MTPS usado neste estudo, inicialmente foi adquirido puro, assim a manipulação com as soluções não polares 94,5% de n-hexano e 0,5% de isopropilamina foi realizada para permitir a hidrólise do silano antes da utilização. O grupo silanol formado após a hidrólise reagiu com a superfície do pino de fibra, aumentando a probabilidade de formação de ligações Si-O-Si (Lung & Matinlinna 2012). Para acelerar o mecanismo de interação química entre o silano e a superfície inorgânica, a reação foi catalisada com a temperatura (Matinlinna et al., 2004). A evaporação do solvente tem papel importante no desempenho do silano, pois a incompleta evaporação do solvente pode prejudicar a adesão (Matinlinna et al., 2004; Lung & Matinlinna 2012). Quando os pinos foram submetidos à temperatura de 120°C durante 1 hora, a reação foi completada e o solvente residual eliminado, permitindo a deposição de siloxano sobre a superfície e aumentando a resistência de união do pino de fibra à resina composta do núcleo de preenchimento. A deposição de siloxano também promoveu aumento na rugosidade de superfície.

O ângulo de contato mensurado entre as superfícies dos pinos após os diferentes tratamentos e a água foi realizado para avaliar a hidrofobicidade das amostras. O tratamento realizado com a solução experimental de MTPS à 5% aliado ao tratamento térmico apresentou os menores valores do ângulo de contato, quando analisado com a água, ou seja, melhorou o molhamento superficial. Este resultado mostrou que a superfície do pino foi recoberta, ficando mais polar e resultando em maior afinidade pela água em comparação com os outros tratamentos. Fato que indica que houve a formação de película hidrofílica de MTPS sobre as superfícies dos pinos. A análise por EDS confirmou este achado de deposição de siloxano nas amostras, pois houve modificações químicas na superfície. Houve aumento significativo na porcentagem Si, que é um dos constituintes do siloxano, indicando a formação desta substância.

O ângulo de contato mensurado com o adesivo Scotchbond demonstra que todos os tratamentos de superfície aumentaram o ângulo de contato, ou seja, diminuíram a molhabilidade de superfície em comparação com o grupo controle. Este resultado pode ser observado, pois o adesivo utilizado neste estudo possui características hidrofóbicas (Machado et al., 2015). O tratamento de superfície com MTPS alterou a hidrofobicidade da superfície, porém, tornando-a mais hidrofílica, o que explica a menor molhabilidade encontrada ao analisar o ângulo de contato com o Scotchbond. No entanto, este resultado pode indicar influência direta sobre a molhabilidade de materiais hidrofílicos utilizados na cimentação, como os cimentos autoadesivos (Ferracane, 2011). Novos estudos são necessários para confirmar estes achados.

Os protocolos de tratamento de superfície do pino de fibra realizadas à nível de consultório odontológico como condicionamento do pino com agentes clareadores e solventes, como o diclorometano por exemplo, apresentam bons resultados como relatados na literatura o que promove aumento significativo da resistência de união entre o pino de fibra e a resina composta. Essas técnicas consistem na aplicação da solução condicionante na superfície do pino, remoção desta por meio de lavagem com água abundante,

por no mínimo um minuto e secagem do pino por um minuto. Apesar da simplicidade da técnica, há necessidade de várias etapas que muitas vezes são negligenciadas devido ao longo tempo para realização destas etapas. Quando o protocolo não é realizado de forma criteriosa pode comprometer a adesão. Na técnica realizada com peróxido de hidrogênio a etapa de lavagem e secagem é imprescindível, pois caso não ocorra de forma adequada pode ficar na superfície do pino oxigênio residual que compromete a polimerização dos compósitos resinosos aderidos a ele (Erdemir et al., 2004). Essas técnicas não promoveram aumento na resistência de união neste estudo. O pino utilizado foi o White Post DC. Estudos anteriores de condicionamento com peróxido de hidrogênio à 35% realizados com o mesmo pino apresentaram resultados diferentes, pois promoveram aumento na resistência de união (Menezes et al., 2014). Os fabricantes relataram ter mudado o tratamento de superfície do pino no processo de fabricação, fato este que explica os diferentes achados. Entretanto, nenhuma informação adicional foi dada pelos fabricantes deste pino, assim é desconhecida o tipo de tratamento de superfície empregado.

A topografia de superfície foi alterada com todos os tratamentos experimentais propostos no estudo. O condicionamento com peróxido de hidrogênio e com diclorometano e o revestimento com siloxano promoveram maior rugosidade de superfície quando comparado ao grupo controle. O aumento da rugosidade não apresentou aumento da resistência de união entre pino e núcleo de preenchimento independente do grupo avaliado. A análise do ângulo de contato com água destilada apresentou melhor molhabilidade de superfície dos pinos após revestimento com siloxano, pois a superfície do pino foi revestida com essa substância deixando-a mais hidrofílica. A alteração química provocada na superfície do pino parece ter mais influência no aumento da resistência de união do que as alterações na rugosidade superficial. Além disso, o revestimento com siloxano foi o que apresentou maior aumento no Si durante análises com EDS, fato que confirma este achado.

O tratamento de superfície com a solução experimental de MTPS à 5% aliado ao tratamento térmico em pinos de fibra de vidro foi efetivo para promover aumento da resistência de união entre a resina composta do núcleo

de preenchimento e o pino. Este tratamento provocou modificações na superfície e mostrou ser uma técnica eficaz, que pode ser facilmente realizada em escalas industriais pelos fabricantes destes tipos de sistemas de retentores intra-radulares. Desta forma, não seria necessária a realização de tratamentos de superfície no consultório, diminuindo assim a sensibilidade da técnica operatória e o tempo clínico. Além disso, estudos futuros devem ser realizados para avaliar a longevidade deste tratamento.

CONCLUSÕES

6. CONCLUSÕES

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

1. O tratamento com solução experimental de MTPS à 5% aliado ao tratamento térmico foi efetivo para promover aumento da resistência de união do pino de fibra de vidro à resina composta do núcleo de preenchimento.
2. Os tratamentos de superfície promoveram mudanças na micro morfologia do pino de fibra de vidro;
3. Alterações no molhamento de superfície, nos parâmetros topográficos de rugosidade de superfície e alterações químicas na composição dos pinos foram observadas após os diferentes tratamentos;

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

1. Akin GE, Akin H, Sipahi C, Piskin B, Kirmali O. Evaluation of surface roughness and bond strength of quartz fiber posts after various pre-treatments. **Acta Odontol Scand**. 2014; 72(8):1010-1016.
2. 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): 328-333.
3. Arslan H, Kurklu D, Ayranci LB, Barutcigil C, Yilmaz CB, Karatas E, et al. Effects of post surface treatments including Er:YAG laser with different parameters on the pull-out bond strength of the fiber posts. **Lasers Med Sci** 2014; 29(5): 1569-1574.
4. Balkenhol M, Wostmann B, Rein C, Ferger P. Survival time of cast post and cores: a 10-year retrospective study. **J Dent**. 2007; 35(1): 50-58.
5. Bitter K, Neumann K, Kielbassa AM. Effects of pretreatment and thermocycling on bond strength of resin core materials to various fiber-reinforced composite posts. **J Adhes Dent**. 2008; 10(6): 481-489.
6. Bitter K, Noetzel J, Neumann K, Kielbassa AM. Effect of silanization on bond strengths of fiber posts to various resin cements. **Quintessence Int**. 2007; 38(2):121-128.
7. Brorson SH, Hansen AR, Nielsen HZ, Woxen IK. A comparative study of the immunogold labeling on H₂O₂-treated and heated epoxy sections. **Micron**. 2001; 32(2): 147-151.

8. Christensen GJ. Post concepts are changing. **J Am Dent Assoc.** 2004; 135(9): 1308-1310.
9. Costa Dantas MC, Prado M do, Costa VS, Gaiotte MG, Simao RA, Bastian FL. Comparison between the effect of plasma and chemical treatments on fiber post surface. **J Endod.** 2012; 38(2): 215-218.
10. de Rosatto CM, Roscoe MG, Novais VR, Menezes Mde S, Soares CJ. Effect of silane type and air-drying temperature on bonding fiber post to composite core and resin cement. **Braz Dent J.** 2014;25(3):217-24.
11. 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.
12. Debnath S, Wunder SL, McCool JY, Baran GR. Silane treatment effects on glass/resin interfacial shear strengths. **Dent Mater.** 2003; 19(5): 441-448.
13. 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.
14. Elsaka SE. Influence of chemical surface treatments on adhesion of fiber posts to composite resin core materials. **Dent Mater.** 2013; 29(5): 550-558.
15. Faria-e-Silva A L, 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): 14-19.
16. Ferracane JL. Resin composite-state of the art. **Dent Mater.** 2011; 27(1): 29-38.

17. 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.
18. Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Mason PN. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. **Am J Dent.** 2000; 13(Spec No): 9B- 13B.
19. Figueiredo FE, Martins-Filho PR, Faria-E-Silva AL. Do Metal Post-retained Restorations Result in More Root Fractures than Fiber Post-retained Restorations? A Systematic Review and Meta-analysis. **J Endod.** 2014; Nov 11.
20. Goncalves AP, Ogliari Ade O, Jardim Pdos S, Moraes RR. Chemical cleaning agents and bonding to glass-fiber posts. **Braz Oral Res.** 2013; 27(1): 70-72.
21. Gonzalez-Benito J. The nature of the structural gradient in epoxy curing at a glass fiber/epoxy matrix interface using FTIR imaging. **J Colloid Interface Sci.** 2003; 267(2): 326-332.
22. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: a literature review. **Aust Dent J.** 2011; 56 Suppl 1: 77-83.
23. Grandini S, Goracci C, Tay FR, Grandini R, Ferrari M. Clinical evaluation of the use of fiber posts and direct resin restorations for endodontically treated teeth. **Int J Prosthodont.** 2005; 18(5): 399-404.
24. 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.
25. Lung CY, Matinlinna JP. Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: an overview. **Dent Mater.** 2012; 28(5): 467-477.

26. Machado FW, Bossardi M, Ramos Tdos M, Valente LL, Munchow EA, Piva E. Application of Resin Adhesive on the Surface of a Silanized Glass Fiber-reinforced Post and Its Effect on the Retention to Root Dentin. **J Endod.** 2015; 41(1): 106-110.
27. 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): 155-164.
28. Mazzitelli C, Ferrari M, Toledano M, Osorio E, Monticelli F, Osorio R. Surface roughness analysis of fiber post conditioning processes. **J Dent Res.** 2008; 87(2): 186-190.
29. McLaren JD, McLaren CI, Yaman P, Bin-Shuwaish MS, Dennison JD, McDonald NJ. The effect of post type and length on the fracture resistance of endodontically treated teeth. **J Prosthet Dent.** 2009; 101(3): 174-182.
30. 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.
31. 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): 346-355.
32. Monticelli F, Toledano M, Tay FR, Cury AH, Goracci C, Ferrari M. Post-surface conditioning improves interfacial adhesion in post/core restorations. **Dent Mater.** 2006; 22(7): 602-609.

33. 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.** 2006; 32(1): 44-47.
34. Naumann M, Blankenstein F, Dietrich T. Survival of glass fibre reinforced composite post restorations after 2 years-an observational clinical study. **J Dent.** 2005; 33(4): 305-312.
35. Naves LZ, Santana FR, Castro CG, Valdivia AD, Da Mota AS, Estrela C, et al. Surface treatment of glass fiber and carbon fiber posts: SEM characterization. **Microsc Res Tech.** 2011; 74(12): 1088-1092.
36. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. **Dent Mater.** 1995;11(2): 117-125.
37. Perdigao J, Gomes G, Lee IK. The effect of silane on the bond strengths of fiber posts. **Dent Mater.** 2006; 22(8): 752-758.
38. Petrie CS, Walker MP. Effect of airborne-particle abrasion and aqueous storage on flexural properties of fiber-reinforced dowels. **J Prosthodont.** 2012; 21(4): 296-303.
39. Rached RN, Del-Bel Cury AA. Heat-cured acrylic resin repaired with microwave-cured one: bond strength and surface texture. **J Oral Rehabil.** 2001; 28(4): 370-375.
40. 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.

41. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength--evaluation of a micro-tensile bond test. **Dent Mater.** 1994; 10(4): 236-240.
42. Santos AF, Meira JB, Tanaka CB, Xavier TA, Ballester RY, Lima RG, et al. Can fiber posts increase root stresses and reduce fracture? **J Dent Res.** 2010; Jun;89(6):587-91.
43. 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.
44. 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.
45. 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.
46. Schmager P, Cakir FY, Nergiz I, Pfeiffer P. Effect of surface conditioning on the retentive bond strengths of fiberreinforced composite posts. **J Prosthet Dent.** 2009; 102(6): 368-377.
47. Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. **J Endod.** 2004; 30(5): 289-301.
48. Shen, C., W. S. Oh and J. R. Williams. Effect of post-silanization drying on the bond strength of composite to ceramic. **J Prosthet Dent.** 2004; 91(5): 453-458.

49. 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.
50. 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): 444-454.
51. Tay FR, Pashley DH. Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. **J Endod.** 2007;33(4): 391-398.
52. Wrbas KT, Altenburger MJ, Schirrmeister JF, Bitter K, Kielbassa AM. Effect of adhesive resin cements and post surface silanization on the bond strengths of adhesively inserted fiber posts. **J Endod.** 2007;33(7): 840-843.
53. Yenisey M, Kulunk S. Effects of chemical surface treatments of quartz and glass fiber posts on the retention of a composite resin. **J Prosthet Dent.** 2008; 99(1): 38-45.
54. Zicari F, De Munck J, Scotti R, Naert I, Van Meerbeek B. Factors affecting the cement-post interface. **Dent Mater.** 2012; 28(3): 287-297.

RELEASE PARA IMPRENSA

RELEASE PARA IMPRENSA

O pino de fibra de vidro é um tipo de retentor intra-radicular utilizados para restaurar dentes tratados endodonticamente com grande perda de estrutura coronária. Os pinos são responsáveis por estabilizar e reter o material restaurador nessas situações de restaurações extensas, o que possibilita restabelecer função mastigatória e a estética do dente. O pino de fibra de vidro possui algumas vantagens como: cor, pois são translúcidos e por isso possuem propriedades ópticas que permitem a reprodução do aspecto natural da restauração; não precisam de etapas laboratoriais, pois já vem pronto de fábrica; o procedimento de fixação pode ser realizado em única sessão clínica além de possuir características biomecânicas satisfatórias, pois o pino juntamente com os materiais responsáveis pela sua fixação no dente e a estrutura dental remanescente formam estrutura semelhante as propriedades mecânicas do dente natural e sendo assim, transmite as tensões produzidas durante a mastigação de forma homogênea. No entanto, algumas falhas são relatadas ao utilizar esses pinos. A fratura da resina usada no núcleo de preenchimento do pino de fibra é uma delas e ocorre por causa da composição do pino. Para diminuir essas fraturas existem alguns tratamentos que podem ser feitos na superfície no pino, mas a maioria é realizada no consultório pelo dentista e isso pode gerar dificuldades na execução do procedimento e aumentar o tempo necessário para fixação deste pino ao dente. Esta pesquisa desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFU propôs novo tratamento de superfície para ser realizado em nível industrial, possibilitando assim que o mesmo já viria pronto de fábrica não sendo necessário realizar nenhum tratamento de superfície no consultório. O estudo utilizou diversos métodos científicos modernos que envolvem ensaios laboratoriais para estudar esse novo tratamento. Os resultados mostra-se positivos, pois o tratamento resultou em aumento da resistência de união, ou seja, aumentou a adesão do pino à resina composta. O mais interessante é que esse novo tratamento reduzirá o tempo clínico necessário para fixação destes tipos de pino no dente além de possibilitar maior longevidade e durabilidade desse tipo de procedimento.