



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO

GUILHERME NILSON ALVES DOS SANTOS

Avaliação da resistência de união do sistema de pino de fibra de vidro ajustável em conduto radicular oval tratado endodonticamente

“Versão corrigida”

Ribeirão Preto

2022

GUILHERME NILSON ALVES DOS SANTOS

Avaliação da resistência de união do sistema de pino de fibra de vidro ajustável em conduto radicular oval tratado endodonticamente

Dissertação de Mestrado apresentado à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Ciências – Programa: Odontologia Restauradora – Área de Concentração: Endodontia.

Versão corrigida

Orientador: Prof. Dr. Manoel D. Sousa-Neto

Ribeirão Preto

2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Assinatura do autor: _____ Data: _____ /
/2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Santos, Guilherme Nilson Alves dos

Avaliação da resistência de união do sistema de pino de fibra de vidro ajustável em conduto radicular oval tratado endodonticamente. Ribeirão Preto, 2022.

60p.: il.; 30 cm

Dissertação de Mestrado apresentado à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FORP-USP) para obtenção do Título de Mestre em Ciências junto ao Programa de Odontologia Restauradora - Área de Concentração: Endodontia. "Versão corrigida da Dissertação. A versão original se encontra disponível na Unidade que aloja o Programa."

Orientador: Prof. Dr. Manoel D. Sousa-Neto

Versão corrigida. A versão original encontra-se disponível na Unidade que aloja o Programa.

1. resistência de união. 2. pino de fibra de vidro. 3. interface dentina-cimento.

FOLHA DE APROVAÇÃO

SANTOS, G.N.A. **Avaliação da resistência de união do sistema de pino de fibra de vidro ajustável em conduto radicular oval tratado endodonticamente.** 2022. 64p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2022.

Aprovado em: ____/____/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Manoel D. Sousa-Neto (**Orientador**)

Instituição: Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto/USP

Assinatura: _____

Prof(a).Dr(a) _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof(a).Dr(a) _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof(a).Dr(a) _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____



Este trabalho de pesquisa foi realizado nos Laboratórios de Pesquisa em Endodontia e Dentística do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto e do Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Dedicatória



DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a **Deus**, o maior orientador da minha vida, por ser meu apoio em momentos difíceis e por ser meu verdadeiro guia nessa minha jornada que enfrento a 2.346 km de distância da **minha família**.

À minha mãe, **Maria do Socorro Alves dos Santos**, a mulher mais especial que eu amo de forma pura e incondicional, que me ampara sempre que eu preciso e, mesmo longe, sempre me deu forças para ir até o fim.

Ao meu pai, **José Juvêncio Camelo dos Santos**, homem de muita força e coragem que sempre batalhou para oferecer, ao seu único filho, o melhor.

Pai, você é meu exemplo!

Amo vocês!

Agradecimentos



AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Manoel D. Sousa-Neto**, exemplo de gestor, professor, pai e amigo que se preocupa com os valores, sentimentos, atitudes e motivações de cada orientando que passa pela sua vida. Minha gratidão por todos os seus ensinamentos, desafios, críticas, motivações e metas durante essa trajetória tão importante que me ajuda a fortalecer. Agradeço pela confiança, paciência e por todos os conselhos e instruções que me deu.

Ao **Prof. Dr. Jardel Francisco Mazzi-Chaves**, exemplo de profissional e pesquisador que durante essa trajetória foi peça fundamental. Agradeço por todo o conhecimento compartilhado, pela gentileza, competência e contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

Às **Prof. Dra. Fabiane Carneiro Lopes-Olhê, Profa Dra. Yara Teresinha Corrêa Silva Sousa e Profa Dra. Aline Evangelista de Souza-Gabriel** pela disponibilidade, conhecimentos e experiências compartilhadas durante esse período. Admiração por todo trabalho e sabedoria!

Aos professores da disciplina de Endodontia da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, **Prof. Dr. Antônio Miranda da Cruz Filho, Prof. Dr. Ricardo Gariba Silva, Prof. Dr. Ricardo Novak Savioli e Prof. Dr. Luiz Pascoal Vansan**, por todos os ensinamentos.

Aos funcionários **Reginaldo Santana da Silva, Carlos Feitosa dos Santos, Déborora Fernandes Costa Guedes, Rosângela Angelini, Frederico Augusto Farias, Maria Amália Viesti de Oliveira e Patrícia Marchi** pela disponibilidade e por toda competência.

Ao funcionário **Hermano Teixeira Machado** da seção de fotografia e documentação que me atendeu gentilmente e colaborou com as imagens deste trabalho.

Aos meus amigos que frequentam o laboratório de Endodontia diariamente **Leonardo Moreira Teodosio, Alice Corrêa Silva Sousa, Heitor Silva Prado e Vinicius Leite Rosa e Silva**, pela amizade construída durante esse período,

pela agradável convivência e momentos compartilhados, tornando essa caminhada muito mais feliz, leve e agradável. Obrigado por tudo!

Ao meu amigo **Felipe Saraiva da Costa** que, mesmo a alguns quilômetros de distância, sempre esteve ao meu lado apoiando e incentivando nessa trajetória. Exemplo de ser humano!

Aos meus queridos amigos **Victor Hugo Vieira de Sousa, Hidelanne Soares de Barros, Gislene Vanessa, Maria de Fátima Alves de Holanda, Cleyton Alves da Silva, Luis Augusto de Castro Pereira, Jéssica Alves, Leticia Alves, Loren Patrícia, Claudia Yasmin dos Santos Batista, Laylce Pâmella, Cheslane da Silva Santos, Antônia Verbênia da Silva Santos.**

Aos amigos da pós-graduação **Ana Laura Lima Alonso, Leticia Gambarini, Miguel Angel Ventura Molina, Amanda Pelegrin Candemil, Vitor Luís Ribeiro, Thais Oliveira Alves, Rafael Verardino de Camargo, Igor Bassi Ferreira Petean, Laís Lima Pelozo, Natália Saud Junqueira Franco, Helena Cristina de Assis e Gabriela Gavilán Hadid** pela convivência agradável e pela troca de experiências.

Aos amigos **Astrogildo Máximo de Mesquita Júnior, Raymara Sabrina Soares dos Santos, Jean Styven Alves Porto, Sara Gabrielle Conrada Franco Oliveira, Francisco Júnior, Jessyara Brian dos Santos Rego, Nádia Maria Pires Silva, Flávio Luís dos Santos Sousa, Francisco Werllison Marreiros Sobreira, Luis Augusto de Castro Pereira, Aline Cardoso, Gustavo Fonseca.**

À **CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior**, pelo apoio financeiro durante minha trajetória na pós-graduação.

À **Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto**, que tem permitido o meu desenvolvimento científico, bem como meu crescimento pessoal e profissional.

“Sempre em frente, não temos tempo a perder.”

Legião Urbana

Resumo



RESUMO

SANTOS, G.N.A. **Avaliação da resistência de união do sistema de pino de fibra de vidro ajustável em conduto radicular oval tratado endodonticamente.** 2022. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2022.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a resistência de união (RU) à dentina do sistema de pino de fibra de vidro ajustável em canal radicular oval tratado endodonticamente em comparação aos pinos de fibra de vidro convencionais. Raízes de caninos superiores foram escaneadas por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico para seleção de 20 dentes com canais radiculares ovais. Foi realizado o preparo biomecânico com instrumento Reciproc R50 e obturação pela técnica de condensação lateral com cimento AH Plus e guta-percha. As raízes foram distribuídas em dois grupos (n=10) de acordo com o protocolo restaurador: com pinos de fibra de vidro pré-fabricados convencionais (PFV) (*Exacto*, Angelus, Londrina, Brasil) e com sistema de pino de fibra de vidro ajustável ao conduto radicular (SAP) (*Exacto*, Angelus, Londrina, Brasil). Os pinos foram cimentados com cimento RelyX U200 de acordo com as recomendações do fabricante. Após a cimentação as raízes foram armazenadas por sete dias e então seccionadas transversalmente em *slices* de 1 mm de espessura, obtendo-se três *slices* de cada terço da raiz restaurada com o pino de fibra de vidro. Os dois primeiros *slices* de cada terço foram avaliados por meio do teste de *push-out*, com velocidade de 0,5 mm/min, e posterior análise do padrão de falha, totalizando seis *slices* por raiz. Assim, 20 *slices* de cada terço foram submetidos ao teste de *push-out*, sendo 10 *slices* selecionados aleatoriamente para avaliação inicial e 10 avaliados após 6 meses. Os *slices* mais apicais de cada terço foram submetidos à análise da interface adesiva em microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os dados de RU foram comparados entre grupos utilizando o teste de análise de variância com pós-teste de Tukey, os resultados do padrão de falha foram expressos em porcentagem e comparados entre grupos por meio do teste de Friedman e os dados da adaptação do material na interface adesiva foram avaliados por meio de regressão linear. Os resultados evidenciaram maior RU no momento inicial para o SAP ($10,39 \pm 3,53$) comparado ao PFV ($6,33 \pm 2,08$) ($p < 0,01$). Após 6 meses, houve redução estatisticamente significativa da RU para ambos os grupos avaliados ($p < 0,001$), no entanto, sem diferença estatisticamente significativa entre os mesmos ($p > 0,05$). Em relação ao tipo de falha, observou-se maior percentual de falhas adesivas e coesivas à dentina após a cimentação dos pinos, e maior percentual de falhas adesivas à dentina após 6 meses, para ambos os grupos. A análise da interface adesiva por MEV mostrou que no momento da cimentação observou-se predomínio de justaposição entre o cimento resinoso e a dentina radicular tanto para o SAP quanto para o PFV. Após 6 meses, observou-se áreas de desadaptação com *gaps* menores que 1 μm para o grupo SAP, enquanto que no grupo PFV os *gaps* e lacunas foram maiores que 10 μm ($p = 0,000$). Concluiu-se que o sistema de pino fibra de vidro ajustável ao conduto radicular apresentou maior resistência de união e adaptação à dentina radicular que o pino de fibra de vidro convencional.

Palavras-chave: resistência de união, pino de fibra de vidro, interface dentina-cimento.

Abstract



SANTOS, G.N.A. **Evaluation of the bond strength of the adjustable fiberglass post system in an endodontically treated oval root canal.** 2022. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2022.

The aim of the present study was to evaluate the bond strength (BS) to dentin of the adjustable fiberglass post system in an endodontically treated oval root canal compared to conventional fiberglass posts. Upper canine roots were scanned using cone beam computed tomography to select 20 teeth with oval root canals. Biomechanical preparation was performed with a Reciproc R50 instrument and obturation using the lateral condensation technique with AH Plus cement and gutta-percha. The roots were divided into two groups (n=10) according to the restorative protocol: with conventional prefabricated fiberglass posts (PFP) (Exacto, Angelus, Londrina, Brazil) and with Single Adjustable Post System (SAP) (Exacto, Angelus, Londrina, Brazil). The posts were cemented with RelyX U200 cement according to the manufacturer's recommendations. After cementation, the roots were stored for seven days and then transversally sectioned into 1 mm thick slices, obtaining three slices of each third of the root restored with the fiberglass post. The first two slices of each third were evaluated using the push-out test, with a speed of 0.5 mm/min, and subsequent analysis of the failure pattern, totaling six slices per root; and the most apical slices of each third were submitted to analysis of the adhesive interface in scanning electron microscopy (SEM). Thus, 20 slices of each third were submitted to the push-out test, with 10 slices randomly selected for immediate evaluation and 10 evaluated after 6 months. The BS data were compared between groups using the analysis of variance test with Tukey's post-test, the failure pattern results were expressed in percentage and compared between groups using the Friedman test and the material adaptation data in the adhesive interface were evaluated using linear regression. The results showed higher BS at the initial moment for SAP (10.39 ± 3.53) compared to PFP (6.33 ± 2.08) ($p < 0.01$). After 6 months, there was a statistically significant reduction in BS for both groups evaluated ($p < 0.001$), however, with no statistically significant difference between them ($p > 0.05$). Regarding the type of failure, there was a higher percentage of adhesive and cohesive failures to dentin after post cementation, and a higher percentage of adhesive failures to dentin after 6 months, for both groups. The analysis of the adhesive interface by SEM showed that at the time of cementation there was a predominance of juxtaposition between resin cement and root dentin for both SAP and PFP. After 6 months, it was possible to notice areas of maladaptation with gaps smaller than $1 \mu\text{m}$ for the SAP group, while in the PFP group it was possible to observe gaps and gaps larger than $10 \mu\text{m}$ ($p = 0.000$). The fiberglass post system presents greater bond strength and adaptation to root dentin to the root canal than the conventional fiberglass post.

Keywords: bond strength, glass fiber post, dentine-sealer interface.

Sumário



SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------|----|
| 1. Introdução..... | 18 |
| 2. Proposição..... | 22 |
| 3. Material e Métodos | 24 |
| 4. Resultados..... | 37 |
| 5. Discussão | 45 |
| 6. Conclusão..... | 52 |
| 7.Referências | 54 |
| 9. Apêndice..... | 65 |

1. Introdução



1. INTRODUÇÃO

Dentes tratados endodonticamente são frequentemente restaurados com pinos intrarradiculares devido à perda excessiva de estrutura coronária causada por lesões de cárie, restaurações prévias ou fratura (SARKIS-ONOFRE *et al.*, 2017; FERNANDES *et al.*; 2021). A retenção dos pinos de fibra de vidro no interior do canal radicular depende do comprimento, diâmetro e tipo de superfície (cilíndrico serrilhado, cilíndrico liso, cônico e dupla conicidade), bem como do tipo de material de cimentação (SOARES *et al.*, 2021), da técnica utilizada para a inserção do material cimentante no interior do conduto radicular (PEDREIRA *et al.*, 2016; BALDION *et al.*, 2020) e da integridade da interface adesiva (GORACCI *et al.*, 2007; MONTICELLI *et al.*, 2008; PEDREIRA *et al.*, 2016; PAIOLA *et al.*, 2018; YAMIN *et al.*, 2018; ASSIS *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2020; SOUZA *et al.*, 2021).

Outro aspecto que interfere na retenção é a espessura do cimento resinoso (MACEDO *et al.*, 2010), pois a resistência de união do pino de fibra de vidro à dentina é significativamente menor quando a camada de cimento resinoso é mais espessa (EID *et al.*, 2019; CHIDOSKI-FILHO *et al.*, 2020). A maior espessura, em função do fator C, maximiza a contração de polimerização (DEMIRYUREK *et al.*, 2010; GOMES *et al.*, 2014) e resulta em espaços vazios, *gaps* e lacunas (GOMES *et al.*, 2014; BAKAUS *et al.*, 2018; EID *et al.*, 2019; CHIDOSKI-FILHO *et al.*, 2020). Dessa maneira, a seleção do pino de fibra de vidro deve considerar a anatomia do canal radicular, uma vez que as secções transversais podem variar de acordo com as dimensões vestibulolingual e mesiodistal apresentando características circulares, ovais, muito ovais e achatados (WU *et al.*, 2001; PEREIRA *et al.*, 2017). Além disso, o canal radicular pode apresentar diâmetro aumentado em função do alargamento biomecânico e lesões de cáries (MACHRY *et al.*, 2020; FERNANDES *et al.*, 2021), podendo impactar no aumento da espessura do cimento resinoso.

Considerando as características do canal radicular, diferentes tipos de retentores intrarradiculares têm sido propostos, como a moldagem do conduto por meio dos pinos anatômicos com resina composta e também os pinos multifilamentados para promover distribuição homogênea dos filamentos (ASSIS *et al.*, 2020), com o objetivo de diminuir a espessura do cimento

resinoso e conseqüentemente a contração de polimerização (LIBONATI *et al.*, 2020; FERNANDES *et al.*, 2021). No entanto, os pinos anatômicos com resina composta e os multifilamentados apresentaram baixa resistência de união, atribuída à formação de espaços vazios, *gaps* e lacunas na região apical do canal radicular (BAKAUS *et al.*, 2018) e pela presença de material obturador residual na superfície dentinária (ASSIS *et al.*, 2020).

O sistema de pino de fibra de vidro ajustável ao conduto radicular, do inglês *Single Adjustable Post System* (SAP) é composto por um pino cilíndrico universal e uma luva cônica que segundo o fabricante, possibilita a adaptação no conduto sem necessidade de desgaste adicional ao preparo biomecânico. Esse sistema promove redução na camada de cimento resinoso com distribuição homogênea, principalmente nas áreas polares dos canais radiculares. A utilização do SAP resultou em aumento da resistência de união à dentina quando comparado com os pinos anatômicos (SANTOS-LOPES *et al.* 2021). O teste de resistência a fadiga, o SAP apresentou melhor desempenho na distribuição de tensão, suportando maior número de ciclos e magnitude de carga quando comparado aos pinos anatômicos e convencionais.

O desempenho mecânico do conjunto pino de fibra de vidro e cimento resinoso tem sido avaliado por meio do teste de resistência de união ao cisalhamento por extrusão (*push-out*) (PAIOLA *et al.*, 2018; YAMIN *et al.*, 2018; ASSIS *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2020), uma vez que esse se apresenta como um método rápido, de fácil execução, que permite a determinação da resistência de união nos diferentes terços do canal radicular (CASTELLAN *et al.*, 2010; MANICARDI *et al.*, 2011; CARNEIRO *et al.*, 2012). Esse teste tem sido associado à análise do padrão de falhas por meio da estereomicroscopia e avaliação da interface adesiva por meio de microscopia confocal de varredura a laser ou microscopia eletrônica de varredura (MEV), possibilitando a visualização da camada de cimento resinoso (ROPERTO *et al.*, 2016; SOUZA-GABRIEL *et al.*, 2016; YAMIN *et al.*, 2018; ASSIS *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2020).

Diante disso, com base na ausência de avaliação do sistema de pino de fibra de vidro ajustável ao canal radicular em relação à resistência de união e à

interface adesiva em longo prazo, torna-se necessário avaliá-los qualitativa e quantitativamente comparados com os pinos de fibra de vidro convencional.

2. *Proposição*



2. PROPOSIÇÃO

O objetivo do presente estudo foi avaliar o desempenho biomecânico de dentes tratados endodonticamente e restaurados com pinos de fibra de vidro adaptáveis ao conduto radicular em comparação aos pinos de fibra de vidro convencionais no momento inicial e após 06 meses da cimentação, em relação:

- À resistência de união ao cisalhamento por extrusão (*push-out*) de pinos de fibra de vidro à dentina radicular;
- Ao padrão de falha após o teste de *push-out* por meio de estereomicroscópio;
- À interface adesiva formada entre dentina radicular / cimento resinoso / pino de fibra de vidro por meio de MEV.

3. Material e Métodos



3. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (CAAE: 40118320.5.0000.5419).

O cálculo amostral foi obtido utilizando o software Epi-Info, no módulo STALCALC, versão 7.0 de acordo com as médias e desvio padrão do estudo piloto para o grupo PFV e SAP de $9,08 \pm 0,39$ e $9,75 \pm 0,68$ respectivamente. Nível de probabilidade de $\alpha = 0,05$ e poder estatístico de 0,8 foram considerados. O número mínimo de espécimes estimado foi de 9 para cada grupo.

As raízes de caninos superiores foram obtidas junto ao Banco de Dentes da FORP/USP e foram analisadas macroscopicamente e escaneadas em tomógrafo computadorizado de feixe cônico PreXion 3D[®] (Prexion Co. Ltd, Tóquio, Japão), com protocolo de aquisição endodôntico de 90 kV, 4 mA, 37 segundos, voxel isotrópico de 0.10 mm e campo de visão (FOV) de 5x5 mm. No programa OnDemand 3D Project Viewer (Cybermed Inc., Tustin, CA, USA) foram obtidos os dados morfométricos bidimensionais de circularidade e diâmetros maior e menor para determinação do grau de achatamento dos canais radiculares (VERSIANI; SOUSA-NETO, PÉCORA, 2013; PEREIRA *et al.*, 2017; ASSIS *et al.*, 2020). Dessa forma, foram selecionadas 20 raízes com canais radiculares ovais (relação diâmetro maior/diâmetro menor entre 1 e 2) (WU *et al.*, 2000), com dimensão vestíbulo lingual/mesiodistal $\leq 1,5$ mm e 16 mm de comprimento radicular.

Após a seleção das amostras, os canais radiculares foram irrigados com 2,5 mL de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 2,5% com seringa plástica descartável (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) e explorados com o instrumento tipo K#15 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) até que a extremidade livre do instrumento surgisse no forame apical. Dessa medida, subtraiu-se 1,0 mm para o estabelecimento do comprimento de trabalho (CT) (LOPES *et al.*, 2020).

O preparo biomecânico foi realizado por meio da técnica de instrumentação por movimento recíprocante com o instrumento Reciproc 50.05

(VDW GmbH, Munich, Alemanha), com torque e velocidade pré-estabelecidas pelo fabricante, seguido por irrigação final com 2 mL de ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) a 17% por 5 minutos e irrigação com 5 mL de NaOCl a 2,5%. A secagem dos canais foi realizada com a cânula de aspiração Capillary Tip (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) e com cones de papel absorvente R50 (Reciproc, VDW, GmbH, Munich, Alemanha). Os canais foram obturados pela técnica de condensação lateral com cone único R50 (Dentsply De Trey, Konstanz, Alemanha) e cimento à base de resina epóxi (AH Plus, Dentsply De Trey, Konstanz, Alemanha).

Cimentação do pino

Inicialmente foi realizada a desobturação do canal radicular lentamente com ponta Rhein (Golgran, São Caetano do Sul, Brasil) pré-aquecida na profundidade de 12 mm. As raízes foram envolvidas com cera 7 para evitar polimerização adicional do cimento (PEREIRA *et al.*, 2015) e, em seguida, foram distribuídas aleatoriamente em 2 grupos (n=10) de acordo com o protocolo restaurador: Sistema de pino de fibra de vidro ajustável ao conduto radicular (SAP) (*Splendor*, Angelus, Londrina, Brasil) e Pino de fibra de vidro convencionais (PFV) (*Exacto*, Angelus, Londrina, Brasil).

O SAP é composto por um pino cilíndrico universal e uma luva cônica, de composição igual ao pino e com espessura que se reduz de cervical para apical, que lhe confere aspecto cônico, e uma fenda no seu longo eixo que possibilita sua adaptação no espaço entre pino e conduto (Figuras 1A, 1B e 1C).

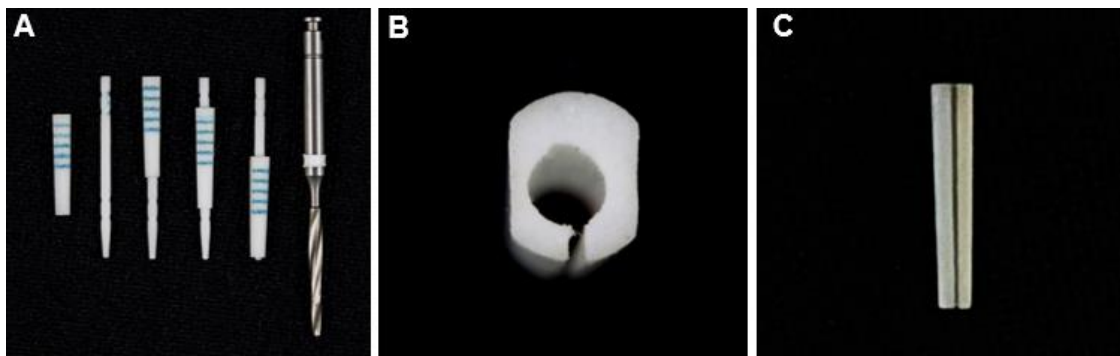
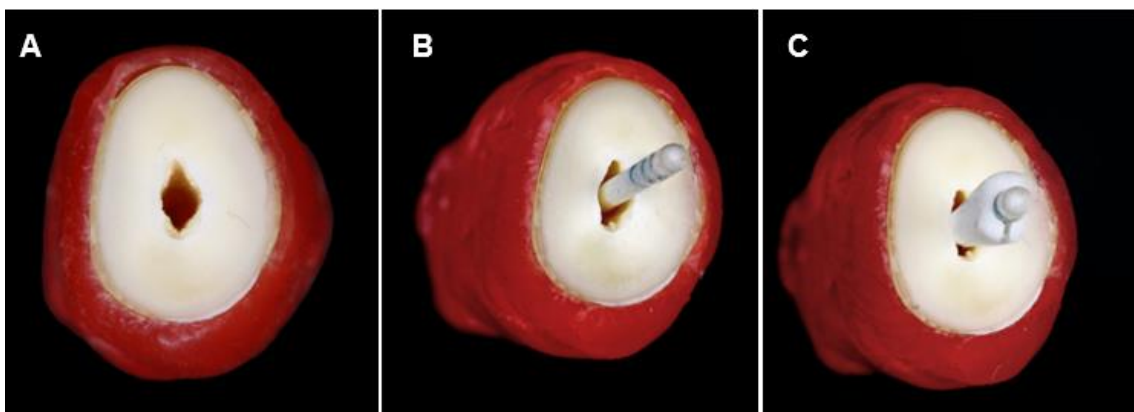


Figura 1. (A) Pino de fibra de vidro ajustável ao conduto radicular com a luva cônica adaptada nos diferentes terços do pino, e broca universal de preparo do *Kit Splendor* (Angelus, Londrina, Brasil). (B) Vista oclusal da luva cônica do *Kit Splendor* (Angelus, Londrina, Brasil). (C) Vista longitudinal da luva cônica com uma fenda que reduz a espessura de cervical para apical.

No grupo SAP foi realizada a regularização das paredes do conduto com a broca universal do *Kit Splendor* acoplada ao micromotor até o comprimento de 12 mm e em seguida, foi realizada a limpeza do pino cilíndrico universal e da luva cônica com álcool 70°GL por 10 min e foram secos com jatos de ar para receber a camada de silano no pino cilíndrico universal e na luva cônica. A aplicação da camada de silano (Angelus, Londrina, Brasil) foi realizada com auxílio de microbrush (3M ESPE, St. Paul, EUA) por 60 s, seguido da secagem com jato de ar. O cimento resinoso (RelyX U200, 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) (Tabela 1) foi manipulado e inserido no conduto radicular com a seringa de precisão (seringa Centrix, Maquira, CT, USA). O pino cilíndrico universal foi inserido no conduto e, em seguida, foi inserida lentamente a luva cônica o mais



apical possível até oferecer resistência (Figuras 2, 3 e 5B).

Figura 2. Sequência operatória de cimentação: (A) Raiz envolta com cera 7, evidenciando o conduto radicular preparado para a cimentação do pino; (B) Cone cilíndrico universal do *Kit Splendor* (Angelus, Londrina, Brasil) inserido no conduto radicular; (C) Pino de fibra de vidro ajustável ao conduto radicular e a luva cônica universal do *Kit Splendor* (Angelus, Londrina, Brasil) inseridos no conduto radicular.

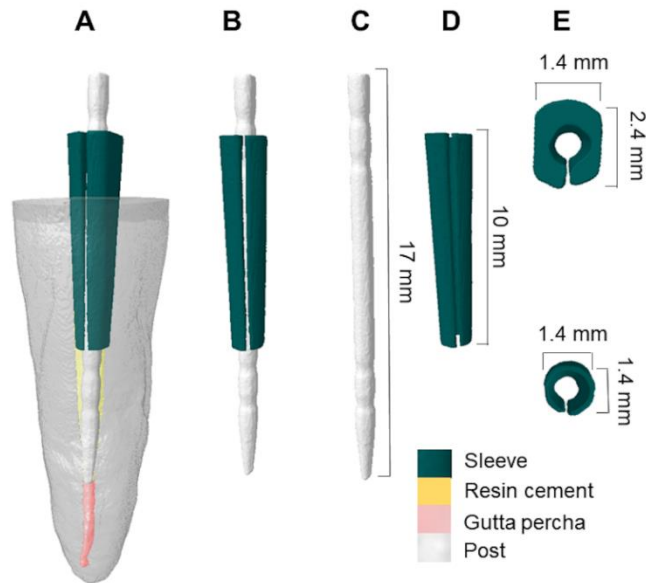


Figura 3. Sequência representativa 3D reconstruída do Sistema de Pino Universal Ajustável ao Conduto Radicular: (A) Pino único universal cimentado no dente. (B) Pino único universal com a luva cônica. (C) Dimensão do pino. (D) Dimensão da luva cônica. (E) Luva cônica na visão cervical e apical.

No grupo PFV foi selecionado o pino nº 2 do *Kit Exacto* e foi realizado o preparo com a broca nº 2 acoplada ao micromotor (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, Brasil) até o comprimento de 12 mm (Figura 4). As brocas foram substituídas a cada 5 desobturações e realizou-se a limpeza do pino com álcool etílico conforme descrito anteriormente. Foi realizada a aplicação da camada de silano conforme descrito anteriormente. O cimento resinoso autoadesivo foi manipulado e inserido no canal radicular por meio da seringa de precisão e aplicado na superfície dos pinos.



Figura 4. Pinos de fibra de vidro convencional e a broca de preparo do *Kit Exacto* N° 2 (Angelus, Londrina, Brasil).

Mantendo o pino em posição, o excesso de material foi removido e a fotoativação realizada por 60 segundos com fotopolimerizador (*KaVo Wireless*, Kavo, Joinville, Brasil) com potência de 1100 mW/cm² (Figura 5) para ambos os grupos. O corte dos pinos em posição foi realizado com brocas diamantadas (FKG, São Paulo, Brasil) em alta rotação (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, Brasil) e a embocadura do canal foi selada com cimento de ionômero de vidro (Vidrion R, SS White, Rio de Janeiro, Brasil).

Tabela 1. Cimento resinoso utilizado no estudo - marca comercial, composição de acordo com as informações do fabricante.

| Material | Principais componentes | Fabricante |
|------------|--|-----------------------------|
| Relyx U200 | <p>Pasta base: pó de vidro tratado com silano, ácido 2-propenóico, 2-metil 1,1'-[1-(hydroxymetil)-1, 2- [ethanodilyl] éster, dimetacrilato de trietileno glicol (TEG-DMA), sílica tratada com silano, fibra de vidro, persulfato de sódio e per-3,5,5-trimetilhexanoato t-butila</p> <p>Pasta Catalisadora: pós de vidro tratado com silano, dimetacrilato substituído, sílica tratada com silano, p-toluenosulfonato de sódio, 1-benzil-5fenil-ácido bórico, sais de cálcio 1,12-dodecano dimetacrilato, hidróxido de cálcio e dióxido de titânio</p> | 3M/ESPE, St Paul, EUA |

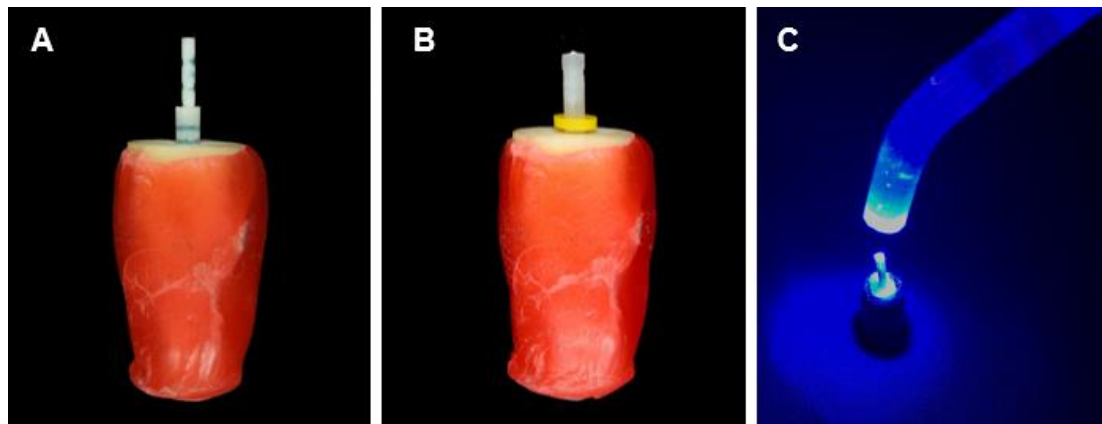


Figura 5. (A) Pino de fibra de vidro ajustável ao conduto radicular e luva cônica universal do *Kit Splendor* (Angelus, Londrina, Brasil) inseridos no conduto radicular; (B) Pino de fibra de vidro convencional inserido no conduto radicular (Angelus, Londrina, Brasil); (C) Fotoativação do cimento resinoso com fotopolimerizador (3M/ESPE, St Paul, EUA).

Preparo dos corpos-de-prova

Para obtenção dos *slices* para o teste de *push-out* e análise em MEV, as raízes foram posicionadas em placas de resina acrílica, com eixo longitudinal paralelo à superfície da placa, e fixadas com cola quente. As raízes foram seccionadas perpendicularmente ao seu longo eixo, no sentido mesiodistal, com disco diamantado de 0,3 mm de espessura (South Bay Technology, San Clement, CA, EUA) sob refrigeração constante à velocidade de 350 rpm e peso de 75 g em máquina de corte de precisão (Isomet 1000, Buehler, Lake Forest, IL, EUA).

De cada terço da raiz restaurada com o pino de fibra de vidro foram obtidos três *slices* de dentina (Figura 6) com 1,0 mm ($\pm 0,2$ mm) de espessura, totalizando nove *slices* por raiz. Os dois primeiros *slices* de cada terço foram utilizados para o teste de *push-out* totalizando seis *slices* por raiz, e os *slices* mais apicais de cada terço foram utilizados para análise em MEV. Assim, para o teste de *push-out*, 20 *slices* de cada terço foram incluídos para cada grupo, sendo que 10 *slices* foram aleatoriamente selecionados para avaliação inicial e 10 *slices* foram armazenados para avaliação após 6 meses. Os corpos-de-prova foram armazenados a 37°C em água destilada contendo 0,4% de azida de sódio renovada semanalmente.

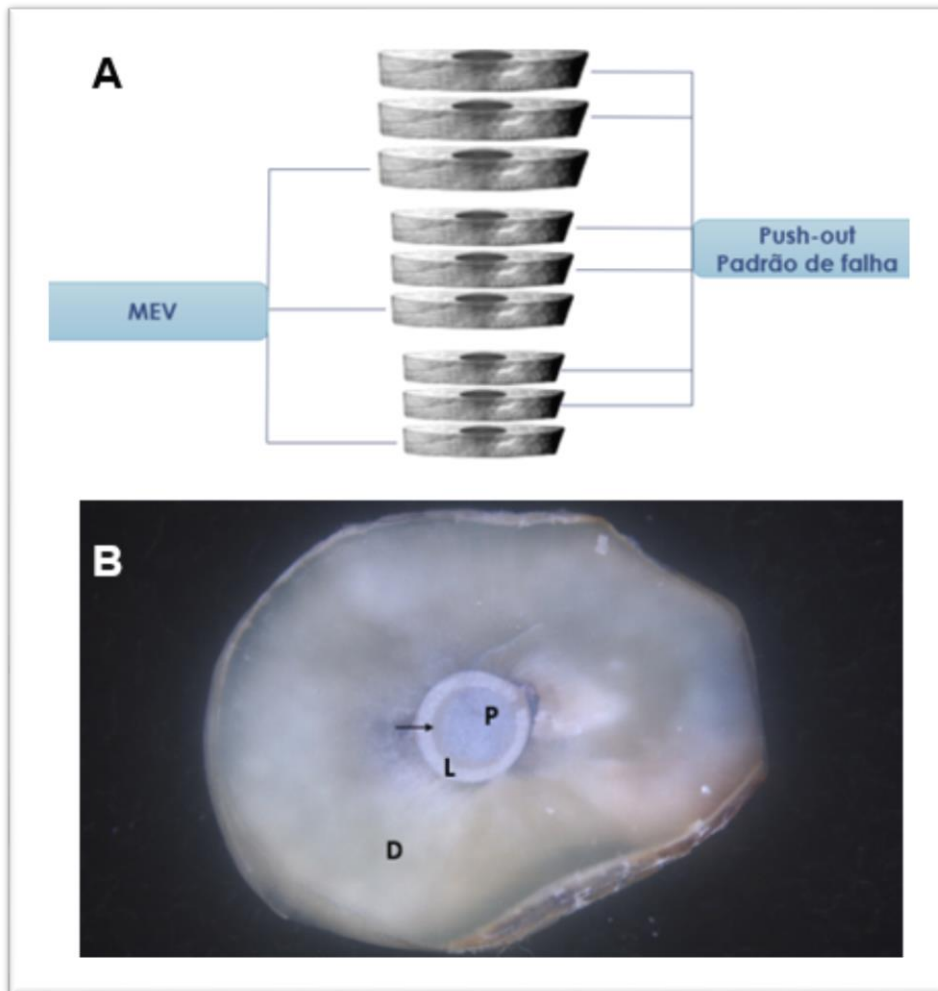


Figura 6. (A) Representação esquemática da distribuição dos *slices* para o teste de *push-out*, avaliação do padrão de falha e análise em MEV. (B) *Slice* evidenciando o sistema SAP - pino de fibra de vidro ajustável ao conduto radicular (P – pino cilíndrico universal; L – luva cônica ajustável), o cimento resinoso entre pino e luva (seta preta), e a dentina radicular.

Teste de resistência de união ao cisalhamento por extrusão (*push-out*)

Os *slices* foram posicionados em bases metálicas de aço inoxidável acopladas na porção inferior da máquina de ensaio universal modelo 2519-106 (Instron, Canton, MA, EUA). De acordo com o diâmetro do material restaurador radicular nos terços cervical, médio e apical, eram selecionadas as bases metálicas com orifícios de 1,2 mm, 1,5 mm e 2,5 mm de diâmetro em sua porção central e as hastes metálicas com ponta ativa de 0,8 mm, 1 mm e 1,5 mm de diâmetro. Os corpos-de-prova foram posicionados na mesma direção do orifício da base metálica com sua face cervical voltada para baixo e as hastes foram fixadas na porção superior da máquina de ensaio e posicionadas sobre o material intracanal; a máquina de ensaio foi acionada com velocidade constante de 0,5 mm/min até a tensão máxima necessária para deslocamento do material (ZANATTA *et al.*, 2015; ASSIS *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2020) (Figura 7).

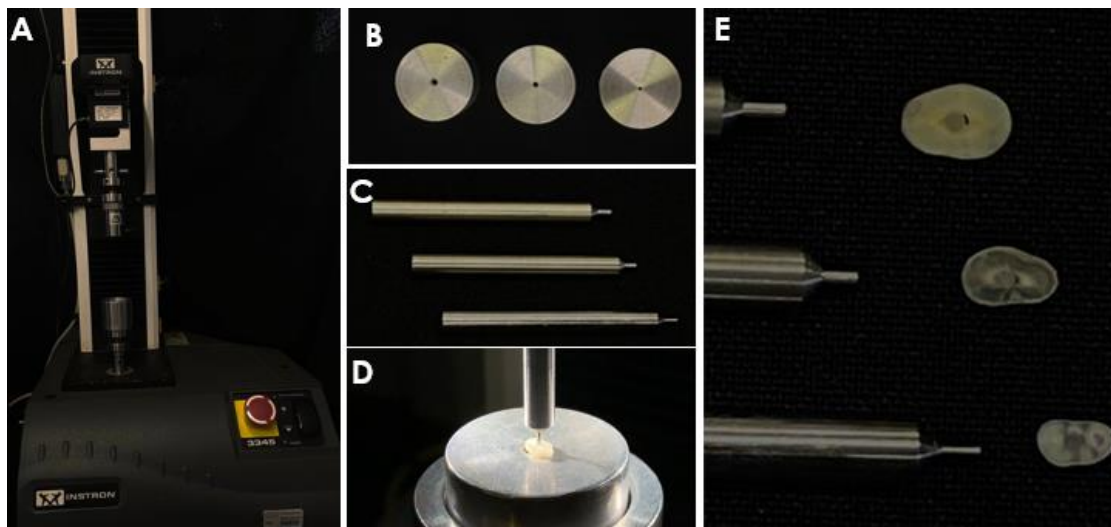


Figura 7. Ensaio mecânico de resistência de união ao cisalhamento por extrusão: (A) Máquina de ensaio universal Instron 2519-106; (B) Bases metálicas de aço inoxidável com orifícios de 2,5 mm, 1,5 mm e 1,2 mm de diâmetro em sua porção central (direita para esquerda); (C) Hastes metálicas com ponta ativa de 1,5 mm, 1,0 mm e 0,8 mm de diâmetro (de cima para baixo); (D) Posicionamento do conjunto haste, *slice* e base; (E) Hastes metálicas com pontas ativas compatíveis com o diâmetro do material intracanal utilizadas para o teste de *push-out* dos respectivos *slices* do terço cervical, médio e apical (de cima para baixo).

A força necessária para o deslocamento foi aferida em Newtons (N). Para cálculo da RU, a força resultante foi convertida em Mega Pascal (MPa), pela divisão da área lateral do material intracanal. Para o cálculo exato da área lateral aderida (SL), o aspecto geométrico do material intracanal (cimento

resinoso + pino de fibra de vidro) foi considerado de acordo com o nível do corte realizado para obtenção dos *slices*. Para isso, antes da realização do teste, foi mensurada a altura (*h*) de cada *slice* com auxílio de um paquímetro digital, como também o raio (maior e menor) por meio de estereomicroscópio Leica M165C (Leica Microsystems, Mannheim, Alemanha) usando o *software* Las v4.4 (Leica Microsystems, Mannheim, Alemanha) (Figura 8).



Figura 8. Tela de *software* mostrando a delimitação do material restaurador intracanal para a mensuração do raio no estereomicroscópio Leica M165C, em que a ferramenta *Circle Tool (Three Point Type)* permite, por meio da demarcação de 3 pontos na interface adesiva, a determinação do raio.

Assim, a área de adesão do cimento (em mm²) foi calculada pela fórmula da área lateral (SL):

$$S_L = \pi (R + r) \sqrt{h^2 + (R - r)^2}$$

Nesta fórmula, “R” é a medida do raio do pino de fibra de vidro e cimento resinoso em sua porção coronal, “r” é a medida do raio do pino de fibra de vidro e cimento resinoso em sua porção apical e “h” é a altura/espessura do *slice*. A partir destes dados, foi calculado a RU, em MPa, dividindo-se a força necessária para descolamento do pino de fibra de vidro pela sua área lateral (RU=F/SL).

Para a análise do tipo de falha, os *slices* foram avaliados com auxílio do estereomicroscópio Leica M165C (Leica Microsystems, Mannheim, Alemanha) com aumento de 25x e do programa de *software* LAS v4.4 (Leica

Mycosystems, Mannheim, Alemanha). As falhas observadas foram determinadas em percentuais e classificadas em: a) adesiva à dentina: quando o material intracanal deslocou da dentina; b) adesiva ao cimento resinoso: quando pino de fibra de vidro deslocou do cimento resinoso; c) mista: quando o pino de fibra de vidro deslocou tanto da dentina quanto do cimento resinoso; d) coesiva da dentina: quando ocorreu fratura na dentina; e) coesiva do pino de fibra de vidro: quando ocorreu fratura no pino de fibra de vidro (ASSIS *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2020) (Figura 9).

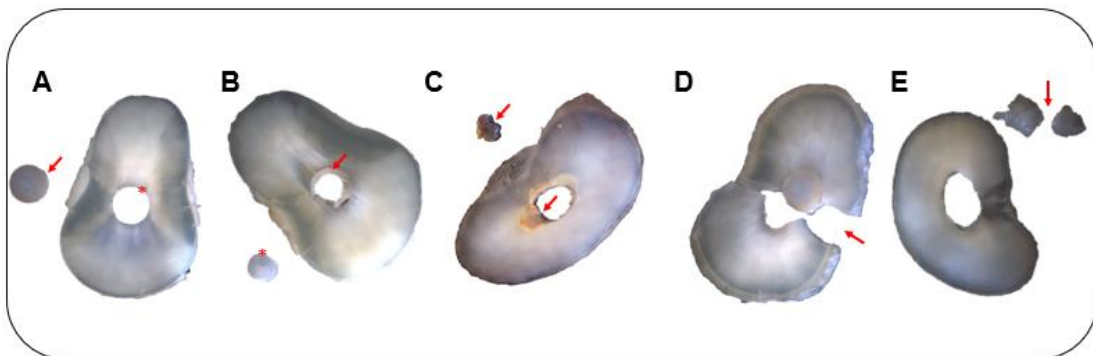


Figura 9. Imagens representativas dos tipos de falhas observadas após o teste de resistência de união. (A) Adesiva à dentina, evidenciando ausência de cimento resinoso nas paredes dentinárias (asterisco vermelho); (B) Adesiva ao pino, evidenciando presença de cimento resinoso nas paredes dentinárias (seta vermelha); (C) Adesiva mista, evidenciando presença de cimento resinoso nas paredes dentinárias (seta vermelha) e ao redor do pino de fibra de vidro (seta vermelha); (D) Coesiva da dentina, evidenciando fratura na dentina (seta vermelha); (E) Coesiva do pino de fibra de vidro, evidenciando fratura no pino.

Análise da interface adesiva por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura

As análises em MEV foram realizadas na face cervical dos *slices* mais apicais de cada terço da raiz restaurada (cervical, médio e apical). Foram selecionados aleatoriamente quatro *slices* por terço de cada grupo, totalizando 12 *slices*. Os *slices* foram lixados, desidratados e revestidos com cobertura ultrafina de material eletricamente condutor – liga ouro-paládio (30 nm de espessura), com o auxílio do aparelho metalizador Desk II Denton Vacuum (Moorestown, New Jersey, NJ, EUA) sob vácuo, de acordo com os estudos anteriores de Yamin *et al.* (2018), Assis *et al.* (2020) e Lopes *et al.* (2020). A análise foi realizada em microscópio eletrônico de varredura JSM-6610LV

(JEOL, Akishima, Japão), operando a 20 Kv, com auxílio do programa *SEM Control User Interface v.3.06*.

Foram realizadas fotomicrografias em magnificação de 100 e 300 sendo que nas imagens com magnificação de 300x foram realizadas 12 mensurações em pontos equidistantes na interface adesiva para identificar espaços vazios (lacunas ou *gaps*) (Figura 10). Conforme metodologia descrita em estudo prévio (BALGUERIE *et al.*, 2011), a adaptação do cimento na parede do canal radicular foi classificada de acordo com os seguintes critérios: a) boa: a maioria das seções não mostrou lacunas entre o cimento e a dentina; b) razoável: a maioria das seções mostrou algumas pequenas falhas ($<1\mu\text{m}$) entre o cimento e a dentina; c) ruim: a maioria das seções mostrou muitas lacunas (entre 1 e $10\mu\text{m}$) entre o cimento e a dentina; d) sem adaptação: a maioria das seções não mostrou adaptações entre o cimento e a dentina (lacunas $> 10\mu\text{m}$).

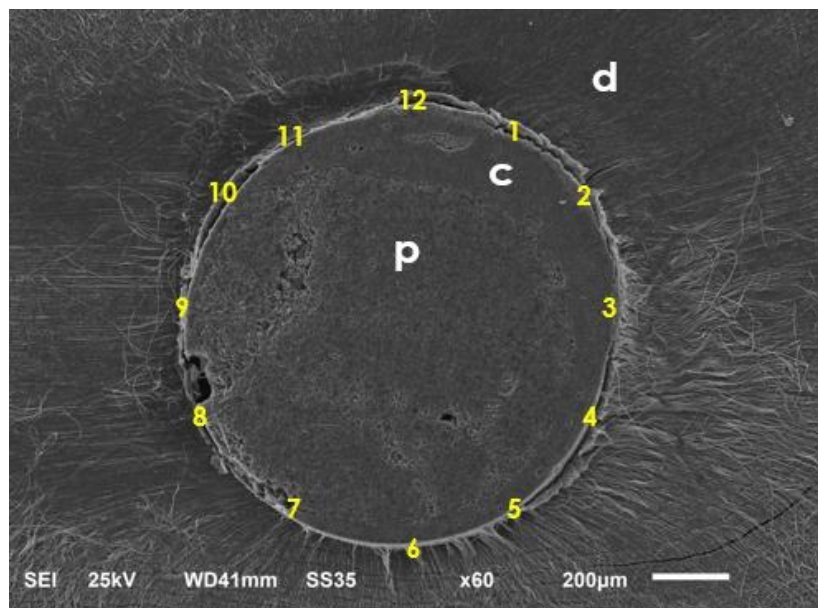


Figura 10. Ilustração da metodologia de mensuração de lacunas ou *gaps* em 12 pontos na interface entre dentina e cimento. Legenda – p: pino de fibra de vidro; c: cimento resinoso; d: dentina radicular.

Análise dos dados

Foram utilizados testes paramétricos para a análise estatística da RU pois apresentavam distribuição normal (Shapiro-Wilk, $p>0,05$) e homogeneidade de variância (teste de Levene, $p>0,05$). A análise de variância três fatores foi utilizada para avaliar a influência dos fatores pino (SAP e PFV),

terço (cervical, médio e apical) e momento da avaliação (inicial e após 6 meses) nos valores de RU. Foi utilizado o teste de Tukey para comparações múltiplas entre os grupos.

O teste Friedman foi utilizado para avaliar o tipo de falha considerando os fatores pinos (SAP e PFV) e terços (cervical, médio e apical) no momento da avaliação (inicial e após 6 meses). Para a análise da adaptação do material na interface adesiva em MEV foi realizada a regressão linear para a momento da avaliação (inicial e após 6 meses). Os testes estatísticos foram realizados no software SPSS v.25 (IBM, EUA) com o nível de probabilidade fixado em 95%.

4. *Resultados*



4. RESULTADOS

Resistência de união e da interface adesiva

A tabela 2 apresenta os valores médios da resistência de união dos pinos de fibra de vidro (SAP e PFV) no momento inicial e após 6 meses de cimentação nos diferentes terços (cervical, médio e apical) dos pinos de fibra de vidro. A análise de variância evidenciou maior resistência de união no momento inicial para o pino de fibra de vidro SAP ($10,3 \pm 5,3$) comparado ao PFV ($6,3 \pm 2,5$) ($p < 0,01$). Após 6 meses, a análise de variância apresentou redução estatisticamente significativa da RU em ambos os grupos avaliados (SAP ou PFV) ($p < 0,001$), no entanto, sem diferença estatisticamente significativa entre os mesmos ($p > 0,05$).

Tabela 2. Valores de resistência de união, média e desvio padrão, em megapascal (Mpa), do material restaurador à dentina nos terços cervical, médio e apical para os diferentes tipos de pinos de fibra de vidro, no momento inicial e após 6 meses.

| | SAP | PFV |
|------------|-----------------|--------------|
| | Inicial | |
| Cervical | 15,5 ± 3,3 Aa | 8,0 ± 2,1 Ba |
| Médio | 10,2 ± 2,0 Ab | 6,6 ± 2,6 Aa |
| Apical | 5,4 ± 1,5 Ac | 4,3 ± 1,5 Ab |
| Média ± DP | 10,3 ± 5,3 ■▲ | 6,3 ± 2,5 ●▲ |
| | 06 meses | |
| Cervical | 5,3 ± 3,4 Ac | 1,4 ± 0,2 Bc |
| Médio | 2,4 ± 2,1 Ac | 1,1 ± 0,5 Bc |
| Apical | 1,5 ± 0,8 Ac | 0,5 ± 0,2 Bc |
| Média ± DP | 3,1 ± 2,7 ■○ | 1,1 ± 0,5 ■○ |

Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística nas linhas e letras minúsculas indicam diferença estatística nas colunas ao teste de Tukey ($p < 0,05$). Símbolos indicam diferenças estatística para as médias agrupadas entre os diferentes tipos de pinos (■ / ●) e momento de avaliação (▲ / ○).

Em relação aos terços avaliados, a análise de variância evidenciou diferença estatisticamente significativa na avaliação inicial do SAP, sendo que o terço cervical apresentou maior resistência de união ($15,5 \pm 3,3$), seguido pelo terço médio ($10,2 \pm 2,0$) e apical ($5,4 \pm 1,5$) ($p < 0,05$). Após 6 meses de cimentação houve redução da resistência de união nos terços cervical e médio ($p < 0,05$), sendo que não houve diferenças estatisticamente significativa para o terço apical ($p > 0,05$) (Tabela 2).

Em relação à avaliação inicial do PFV, a análise de variância apresentou diferença estatisticamente significativa, sendo que os terços cervicais ($8,0 \pm 2,1$) e médio ($6,6 \pm 2,6$) foram semelhantes entre si, evidenciando maior

resistência de união quando comparado ao terço apical ($4,3 \pm 1,5$) ($p < 0,05$). Após 06 meses, houve redução da resistência de união nos três terços avaliados ($p < 0,05$) (Tabela 2).

A comparação entre terços e pinos testados, no momento inicial, evidenciou que, no terço cervical, o SAP ($15,5 \pm 3,3$) apresentou maior resistência de união quando comparado ao PFV ($8,0 \pm 2,1$) ($p < 0,05$), no entanto, nos terços médio e apical os diferentes pinos testados não evidenciaram diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$). Após 06 meses, o SAP apresentou maior resistência de união nos terços cervical ($5,3 \pm 3,4$), médio ($2,4 \pm 2,1$) e apical ($1,5 \pm 0,8$) quando comparado com o PFV nos terços cervical ($1,4 \pm 0,2$), médio ($1,0 \pm 0,5$) e apical ($0,5 \pm 0,2$) ($p < 0,05$) (Tabela 2, Figuras 12A, 12B, 12C, 12D, 12E e 12F).

Análise do padrão de falha

A tabela 3 apresenta os dados de padrão de falha para os diferentes tipos de pinos de fibra de vidro (SAP e PFV) no momento inicial e após 6 meses da cimentação. O teste de Friedman evidenciou diferença estatisticamente significativa entre os tipos de pino de fibra de vidro (SAP e PFV) independentemente do tempo avaliado (inicial e após 6 meses) ($p = 0,002$). Em relação ao tipo de falha, no momento inicial houve maior percentual de falhas adesivas e coesivas à dentina, e após 6 meses, houve maior percentual de falhas adesivas à dentina, para ambos os grupos. Por outro lado, não se observou diferença estatisticamente significativa para o momento de avaliação (inicial ou após 6 meses) ($p > 0,05$).

Tabela 3. Tipo de falha após teste de *push-out*, no momento inicial e após 6 meses, para os diferentes tipos de pinos (SAP ou PFV) e terços radiculares (cervical, médio e apical) (valores percentuais).

| Tipo de falha | Tipos de pinos de fibra de vidro | | | | | |
|----------------|----------------------------------|----|----|-----|----|----|
| | SAP | | | PFV | | |
| | C | M | A | C | M | A |
| Inicial | | | | | | |
| Ad | 60 | 30 | 70 | 70 | 60 | 40 |
| Ap | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Am | 0 | 20 | 0 | 0 | 20 | 20 |
| Cd | 40 | 50 | 30 | 30 | 10 | 40 |
| Cp | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 |
| 6 meses | | | | | | |
| Ad | 50 | 40 | 80 | 60 | 80 | 80 |
| Ap | 30 | 20 | 0 | 20 | 20 | 20 |
| Am | 0 | 30 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| Cd | 20 | 10 | 10 | 20 | 0 | 0 |
| Cp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

*Tipos de falha: Ad=Adesiva à dentina; Ap=Adesiva ao pino de fibra de vidro; Am=Adesiva mista; Cd=Coesiva da dentina; Cp=Coesiva do pino.

Avaliação da interface adesiva em MEV

A tabela 4 apresenta os escores obtidos de acordo com Balguerie *et al.* (2011) a partir das imagens de MEV. O teste de regressão linear evidenciou diferença estatisticamente significativa em relação aos momentos de avaliação, sendo que no momento inicial observou-se predomínio de adaptação entre cimento resinoso e dentina radicular tanto para o SAP quanto para o PFV. Após 6 meses, foi possível notar áreas de desadaptação com *gaps* menores que 1 μm para o grupo SAP, enquanto no grupo PFV foi possível observar *gaps* e lacunas maiores que 10 μm ($p=0,000$).

Tabela 4. Distribuição percentual dos tipos de adaptação, observada em MEV, do material restaurador à dentina radicular nos diferentes momentos avaliados para os diferentes tipos de pinos.

| Tipos de adaptação | Tipos de pinos de fibra de vidro | | | | | |
|--------------------|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | SAP | | | PFV | | |
| | C | M | A | C | M | A |
| Inicial | | | | | | |
| Boa / Score 1 | 50 | 68,75 | 12,5 | 43,75 | 25 | 62,5 |
| Razoável / Score 2 | 0 | 31,25 | 56,25 | 31,25 | 43,75 | 37,5 |
| Ruim / Score 3 | 37,5 | 0 | 31,25 | 25 | 31,25 | 0 |
| S/A / Score 4 | 12,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mediana | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 6 meses | | | | | | |
| Boa / Score 1 | 16,7 | 33,3 | 41,7 | 12,5 | 25 | 0 |
| Razoável / Score 2 | 58,3 | 58,3 | 33,3 | 0 | 0 | 0 |
| Ruim / Score 3 | 16,7 | 0 | 25 | 37,5 | 31,25 | 37,5 |
| S/A / Score 4 | 8,3 | 8,4 | 0 | 50 | 43,75 | 62,5 |
| Mediana | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 |

*Critério de adaptação do cimento à dentina radicular: Boa, Razoável, Ruim, Sem Adaptação. C. Cervical, M. Médio, A. Apical.

As diferenças estatísticas observadas na avaliação dos pinos testados podem ser confirmadas pela análise qualitativa das imagens em MEV (Figuras 10, 11 e 12), que permitiu observar, no momento inicial maior adaptação (Figuras 10A, 10B, 10C, 10D, 11A e 11B) na interface adesiva formada entre pino de fibra de vidro/cimento resinoso e dentina radicular, com menor percentual de *gaps* e lacunas, independentemente do tipo pino de fibra de vidro avaliado (SAP ou PFV). Por outro lado, na avaliação após 6 meses, foi possível observar maior desadaptação (seta amarela na figura 11C) na interface adesiva entre o pino de fibra de vidro/cimento resinoso e a dentina radicular, evidenciando o maior percentual de *gaps* e lacunas, com maior evidência de fraturas e microfraturas dentinárias para o grupo PFV (Figuras 10E, 10F e 11C) quando comparado ao grupo SAP (Figuras 10G, 10H e 11D). A análise em MEV com magnificação de 300x permitiu verificar camada de cimento resinoso mais uniforme e delgada nos corpos-de-prova restaurados com o SAP que naqueles restaurados com pinos de fibra convencional (Figuras 11A, 11B, 11C e 11D).

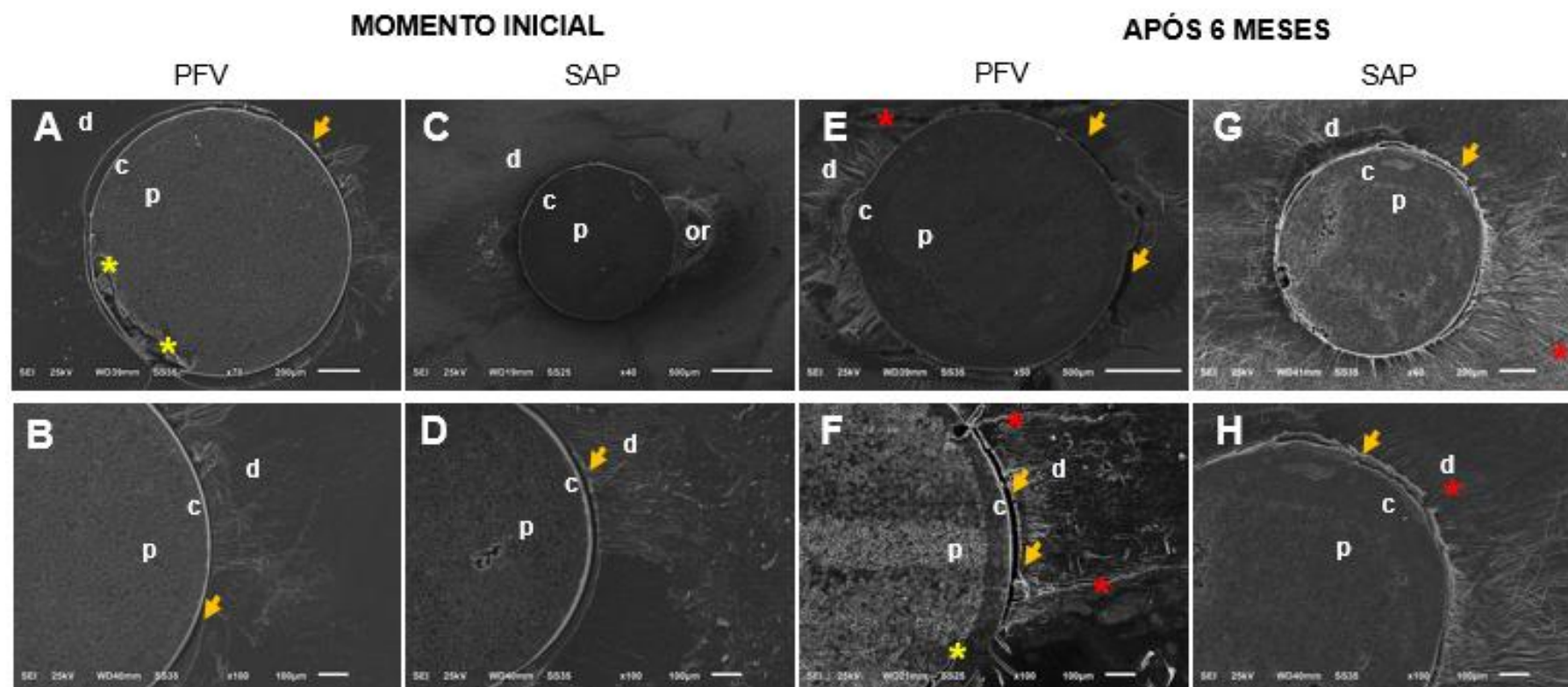


Figura 10. Fotomicrografias das interfaces adesivas pinos de fibra de vidro / cimento resinoso / dentina radicular em cada grupo experimental. (A e B) Interface adesiva entre pino fibra de vidro convencional, cimento resinoso e dentina radicular na análise do momento inicial evidenciando presença de *gaps* entre o cimento resinoso e dentina radicular (seta amarela) e entre o cimento resinoso e pino fibra de vidro convencional (asterisco amarelo) (70x e 100x); (C) Interface adesiva entre pino fibra de vidro ajustável, cimento resinoso e dentina radicular no momento inicial evidenciando adaptação entre cimento resinoso e dentina radicular (40x); (D) Interface adesiva entre o pino fibra de vidro ajustável, cimento resinoso e dentina radicular no momento inicial evidenciando presença de *gaps* entre o cimento resinoso e dentina radicular (seta amarela) (100x); (E e F) Interface adesiva entre pino fibra de vidro convencional, cimento resinoso e dentina radicular após 6 meses evidenciando presença de *gaps* entre o cimento resinoso e dentina radicular (seta amarela), pode-se observar ainda presença de trinca na dentina (asterisco vermelho) (50x e 100x); (G e H) Interface adesiva entre pino fibra de vidro ajustável, cimento resinoso e dentina radicular após 6 meses evidenciando presença de *gaps* entre o cimento resinoso e dentina radicular (seta amarela) e presença de trinca na dentina (asterisco vermelho) (60x e 100x). p - Pino, c - Cimento, d - Dentina, or - Material obturador residual.

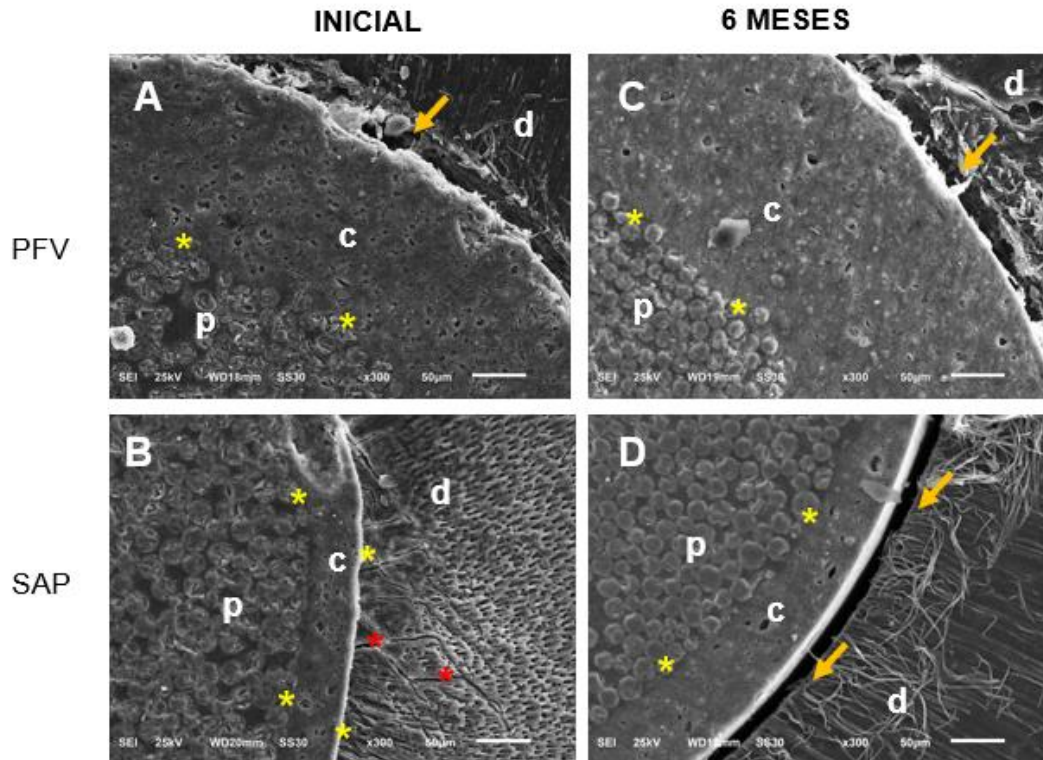


Figura 11. Fotomicrografias da interface adesiva dos pinos de fibra de vidro convencional e ajustável ao conduto radicular. (A) Interface adesiva entre o pino de fibra de vidro convencional, cimento resinoso e dentina radicular no momento inicial evidenciando justaposição entre o pino e o cimento resinoso (asterisco amarelo) e *gaps* entre o cimento resinoso e dentina radicular (seta amarela); (B) Interface adesiva entre o pino de fibra ajustável, cimento resinoso e dentina radicular no momento inicial evidenciando justaposição entre o pino, cimento resinoso e dentina radicular (asterisco amarelo) com presença de microfraturas (asterisco vermelho); (C) Interface adesiva entre o pino de fibra de vidro convencional, cimento resinoso e dentina radicular na análise após 6 meses evidenciando justaposição entre o pino e o cimento resinoso (asterisco amarelo) e *gaps* entre o cimento resinoso e dentina radicular (seta amarela) (300x). (D) Interface adesiva entre o pino de fibra ajustável, cimento resinoso e dentina radicular na análise após 6 meses evidenciando justaposição entre o pino e cimento resinoso e *gaps* entre o cimento e a dentina radicular (seta amarela). Magnificação 300x. p - Pino, c - Cimento, d - Dentina

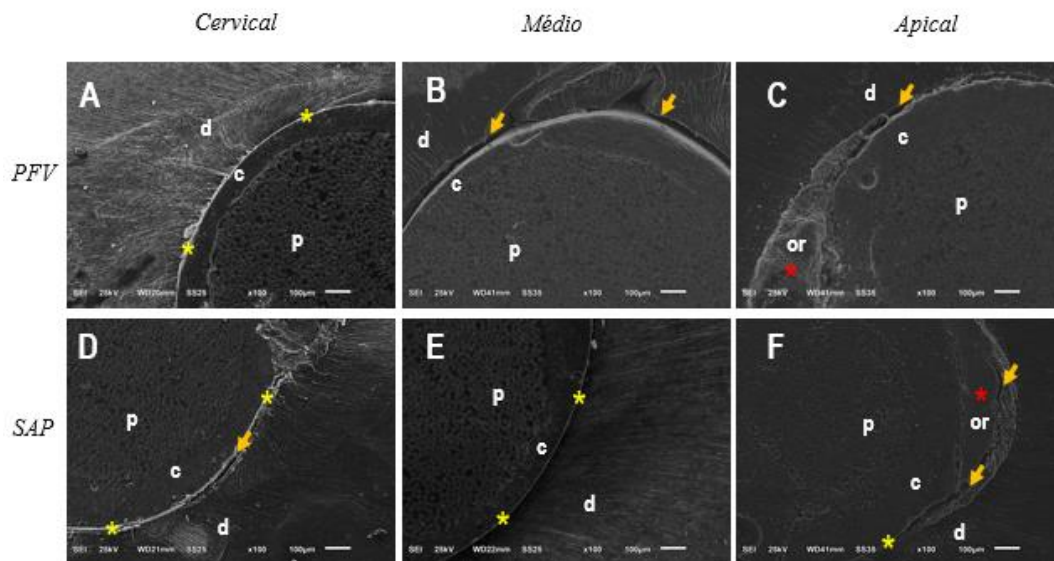


Figura 12. Fotomicrografias das interfaces adesivas pinos de fibra de vidro / cimento resinoso / dentina radicular em cada grupo experimental nos terços cervical, médio e apical. ;(A) Interface adesiva do terço cervical entre o pino de fibra de vidro convencional, cimento resinoso e dentina radicular evidenciando justaposição do pino ao cimento resinoso e do cimento resinoso à dentina (asterisco amarelo); (B) Interface adesiva do terço médio entre o pino de fibra de vidro convencional, cimento resinoso e dentina radicular evidenciando *gaps* entre cimento resinoso e dentina (seta amarela); (C) Interface adesiva do terço apical entre o pino de fibra de vidro convencional, cimento resinoso e dentina radicular evidenciando *gaps* entre o cimento resinoso e a dentina (seta amarela) com a presença de material obturador remanescente (asterisco vermelho) (D) Interface adesiva do terço cervical entre o pino de fibra de vidro ajustável, cimento resinoso e dentina radicular evidenciando justaposição entre o pino e o cimento resinoso com áreas de boa adaptação entre cimento resinoso e dentina (asterisco amarelo) e presença de *gaps* entre cimento resinoso e dentina radicular (seta amarela) ; (E) Interface adesiva do terço médio entre o pino de fibra de vidro ajustável, cimento resinoso e dentina radicular evidenciando justaposição do cimento resinoso à dentina (asterisco amarelo) ; (F) Interface adesiva do terço apical entre o pino de fibra de vidro ajustável, cimento resinoso e dentina radicular evidenciando justaposição entre o pino e o cimento resinoso, com áreas de boa adaptação entre cimento resinoso e dentina (asterisco amarelo) e presença de *gaps* entre cimento resinoso e dentina radicular (seta amarelas), com destaque para a presença de material obturador remanescente (asterisco vermelho) . Magnificação 100x. p - Pino, c – Cimento, d – Dentina, or – Material obturador residual.

5. *D*iscussão



5. DISCUSSÃO

A literatura tem demonstrado a desadaptação da interface adesiva entre pino, cimento resinoso e dentina radicular na restaurações de dentes tratados endodonticamente com pinos de fibra de vidro (WANG; CHANG; LIN, 2016; YAMIN et al., 2018; LORENZETTI et al., 2019; ASSIS et al., 2020; LOPES et al., 2020), principalmente em canais radiculares com secção transversal oval ou achatada (WANG; CHANG; LIN, 2016; ROCHA et al., 2017; WANG et al., 2017; ASSIS et al., 2020; LOPES et al., 2020), uma vez que a ausência de compatibilidade entre o diâmetro do conduto radicular e dos pinos de fibra de vidro (PEREZ et al., 2006; WANG; CHANG; LIN, 2016) leva a maior espessura de cimento resinoso ao redor dos pinos, comprometendo a adaptação às paredes dentinárias e a resistência de união (PEREZ et al., 2006; WANG; CHANG; LIN, 2016; SOUZA et al., 2016). Dessa maneira, o presente estudo avaliou os pinos de fibra de vidro ajustáveis ao conduto radicular (SAP), que têm como objetivo permitir melhor adaptação do material restaurador à dentina, em toda a extensão radicular, inclusive nas áreas polares em canais radiculares ovais, gerando menor linha de cimentação.

Para melhor entendimento dos resultados obtidos no presente estudo, torna-se importante destacar os seguintes aspectos relacionados à metodologia: a seleção da amostra foi criteriosamente realizada por meio da avaliação das imagens dos espécimes obtidas em tomografia computadorizada de feixe cônico (WU *et al.*, 2001; PEREIRA *et al.*, 2015), uma vez que a anatomia do canal radicular pode apresentar, em um mesmo grupo dental, secções transversais variadas de acordo com a razão entre as dimensões vestibulolingual e mesiodistal, sendo classificadas em circulares (razão igual a 1), ovais (razão entre 1 e 2), muito ovais (razão entre 2 e 4) e achatados (razão ≥ 4). Essa variação na morfologia do canal radicular, pode acarretar diferentes espessuras de linha de cimentação, em função da presença de áreas polares em canais com achatamento (PEREIRA *et al.*, 2015. LOPES *et al.*, 2020). Dessa forma, para a realização do presente estudo, foram selecionados caninos superiores com canais radiculares ovais com dimensões vestibulolingual e mesiodistal variando entre 1,0 e 2,0.

Destaca-se que o cimento resinoso utilizado para a cimentação de ambos os sistemas utilizados no presente estudo, foi o cimento resinoso *dual*, que inicia o processo de polimerização através da fotoativação, seguido da ativação química (PEDREIRA *et al.*, 2016; PENELAS *et al.*, 2016), uma vez que a ligação desses cimentos é realizada por monômeros ácidos responsáveis pela desmineralização, remoção parcial da camada de *smear* e consequente infiltração do substrato para gerar retenção micromecânica e ligação química dos íons cálcio do cimento à hidroxiapatita dentinária (RADOVIC *et al.*, 2008; SARKIS-ONOFRE *et al.*, 2014; BRESCHI *et al.*, 2018), permitindo maior grau de conversão do cimento resinoso e dessa forma, garantindo melhores propriedades mecânicas, bem como maiores valores de resistência de união (SILVEIRA-PEDROSA *et al.*, 2016; SOUZA *et al.*, 2016; ; LORENZETTI *et al.*, 2019; ASSIS *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2020; KOSAN *et al.*, 2021).

Para análise da RU, foi utilizado o teste de *push-out* que permite a avaliação nos diferentes terços do canal radicular (YAMIN *et al.*, 2018; ASSIS *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2020), seguido de análise complementar do padrão de falhas em estereomicroscópio (YAMIN *et al.*, 2018; ASSIS *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2020) e da análise da interface adesiva formada entre pino de fibra de vidro, cimento resinoso e dentina radicular por meio de fotomicrografias obtidas por MEV (YAMIN *et al.*, 2018; ASSIS *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2020) que possibilita a avaliação de *gaps* presentes na interface adesiva (BALGUERIE *et al.*, 2011; BRITO-JÚNIOR *et al.*, 2015; YAMIN *et al.*, 2018; ASSIS *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2020). Destaca-se que para a avaliação da longevidade da resistência de união foi realizado o envelhecimento acelerado por meio de exposição direta dos *slices* à água destilada contendo 0,4% de azida de sódio (SHAFIEI; YOUSEFIPOUR; MOHAMMADI-BASSIR, 2016; LOPES *et al.*, 2020) uma vez que a interface adesiva é exposta a mecanismos de degradação do colágeno por metaloproteinases, levando à degradação da interface dentina/cimento/pino de fibra de vidro (SHAFIEI; YOUSEFIPOUR; MOHAMMADI-BASSIR, 2016; LOPES *et al.*, 2020).

Em relação aos resultados, o teste de *push-out* evidenciou maior valor de RU para o grupo SAP. O SAP é um sistema de pino de fibra de vidro

ajustável ao conduto radicular que tem uma luva cônica de fibra de vidro com espessura mais fina e apresenta uma fenda no seu longo eixo que possibilita sua adaptação no espaço entre pino e conduto. A luva cônica é inserida sobre o pino principal, após sua inserção no conduto radicular, permitindo a adaptação justaposta do sistema ao longo do canal radicular (SANTOS LOPES *et al.*, 2021; PENTEADO *et al.*, 2021). As fotomicrografias em MEV do presente estudo possibilitaram verificar camada de cimento resinoso mais uniforme e delgada (Figura 11), com prevalência de falhas adesivas, e presença de *gaps* menores que 1 μm , no momento da avaliação inicial (Figura 10D). Destaca-se que a inserção da luva sobre o pino proporciona um sistema homogêneo com maior volume de fibra de vidro com módulo de elasticidade semelhante ao da dentina radicular (SARKIS-ONOFRE *et al.*, 2017) e menor linha de cimentação, como observado no presente estudo. A massa homogênea de fibra de vidro no grupo SAP permitiu melhor distribuição de forças e tensões ao longo da raiz, ao contrário dos pinos de fibra de vidro anatômicos (PENTEADO *et al.*, 2021). Embora apresentem menor linha de cimentação, possuem camada espessa de resina composta com módulo de elasticidade diferente da dentina radicular (SARKIS-ONOFRE *et al.*, 2017; JUREMA *et al.*, 2021), o que pode impactar na distribuição de forças e tensões.

Por outro lado, menor RU foi evidenciada no grupo PFV, no qual se observou linha de cimentação mais espessa, o que provavelmente ocasionou aumento das tensões de contração induzidas pela polimerização desse material (GIACHETTI *et al.*, 2004; PENELAS *et al.*, 2016; SOUZA *et al.*, 2016), gerando *gaps* maiores que 10 μm observados na avaliação quali-quantitativa dos espécimes em MEV (Figuras 11A e 11C).

Em relação aos terços radiculares, os maiores valores de RU foram observados no terço cervical, no momento inicial, independentemente do tipo de pino. O contato direto da luz durante a fotoativação, com potência de $1100\text{mW}/\text{cm}^2$ utilizada no presente estudo, torna a polimerização mais rápida e intensa nos terços cervical e médio, resultando na formação de rede polimérica tridimensional, densa, com ligações cruzadas intermoleculares fortes (ANUSAVICE, 1998) e maior justaposição da interface adesiva (Figuras 12A, 12B, 12D e 12E). Além disso, a morfologia do terço cervical apresenta maior

número e diâmetro dos túbulos dentinários, influenciando na maior penetração do cimento autoadesivo (ORDINOLA-ZAPATA *et al.*, 2009; ZANIBONI *et al.*, 2021).

Por outro lado, os menores valores de RU observados no terço apical podem ser decorrentes do tipo de polimerização que acontece nessa região, uma vez que a transmissão da luz ao longo do seu comprimento ainda é limitada (FARIA E SILVA *et al.*, 2007; BAHARI *et al.*, 2014), o que pode dificultar a polimerização no terço apical (FARIA E SILVA *et al.*, 2007; KIM *et al.*, 2009). Assim, a polimerização no terço apical ocorre também por meio da ativação química, uma vez que foi utilizado um cimento resinoso dual (SUZUKI *et al.*, 2019; EID *et al.*, 2019). Essa reação mais lenta (SUZUKI *et al.*, 2019; EID *et al.*, 2019), com ligações cruzadas fracas, o que resulta em alta solubilidade, menor dureza e flexão entre o cimento resinoso e a dentina radicular (SOUZA *et al.*, 2015; SERINO *et al.*, 2022). Esses fatores proporcionam maior desadaptação da interface adesiva com presença de *gaps*, justificando também a ocorrência de fraturas e microfraturas como observado nas imagens de MEV (Figuras 11 C e 11F), bem como a presença de falhas adesivas e coesivas na dentina após o teste de *push-out*, resultando em menores valores de resistência de união (RADOVIC *et al.*, 2009; ASSIS *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2020).

Além disso, deve-se destacar que as fotomicrografias do terço apical possibilitaram observar remanescente de material obturador (Figuras 12C e 12F) que não foi removido na desobturação do canal para possibilitar a inserção do pino de fibra de vidro, o que provavelmente influenciou nos menores valores de resistência de união, uma vez que os túbulos dentinários podem ter sido revestidos por esses materiais, impedindo a imbricação mecânica do sistema adesivo (BOING *et al.*, 2017; KOSAN *et al.*, 2021; ZANIBONI *et al.*, 2021).

A análise dos espécimes artificialmente envelhecidos, simulando 6 meses após a cimentação, evidenciou redução estatisticamente significativa da resistência de união para os dois pinos de fibra de vidro avaliados, em relação ao período de análise inicial, uma vez que a interface adesiva ficou exposta a mecanismos de degradação do colágeno (SHAFIEI; YOUSEFIPOUR;

MOHAMMADI-BASSIR, 2016; LOPES *et al.*, 2020), acarretando desgaste do cimento resinoso devido ao processo de hidrólise, maior permeabilidade do cimento (SHAHVERDI *et al.*, 1998), bem como desadaptação da interface adesiva. Esses achados corroboram com os estudos de Yamin *et al.* (2018) e Lopes *et al.* (2020) que avaliaram a resistência de união após 6 e 10 meses, respectivamente, e observaram menores valores de resistência de união com prevalência de falhas adesivas e coesivas à dentina. Destaca-se que os diferentes tipos de pinos avaliados no presente estudo, foram tratados inicialmente com uma camada de silano, que altera a rugosidade da superfície do pino (SOUZA *et al.*, 2021), gerando áreas de retenção mecânica entre o pino de fibra de vidro e o cimento resinoso. Entretanto, segundo Souza *et al.* (2021), o silano pode sofrer degradação ao longo do tempo, o que também pode justificar os menores valores de resistência de união em longo prazo.

Assim, tendo em vista o melhor desempenho dos pinos de fibra de vidro ajustáveis ao conduto radicular em canais radiculares ovais, observado no presente estudo, independente do momento de avaliação, novos estudos clínicos e laboratoriais devem ser realizados a fim de garantir a sua indicação com segurança em diferentes morfologias do sistema de canais radiculares com secções transversais variadas, bem como na utilização de diferentes sistemas adesivos.

6. *Conclusão*



6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados deste estudo *in vitro*, conclui-se que:

1. Os pinos de fibra de vidro ajustáveis ao conduto radicular apresentaram valores de resistência de união superiores comparados aos pinos de fibra de vidro convencionais;
2. Melhor adaptação do material restaurador à dentina foi observada no terço cervical com prevalência de falhas adesivas em ambos os pinos de fibra de vidro;
3. Após 6 meses da cimentação, houve redução da resistência de união em ambos os pinos estudados.

7. Referências



7.REFERÊNCIAS

ANUSAVICE, K.J. Materiais dentários. 10ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

ASSIS, R.S.; LOPES, F.C.; ROPERTO, R.; SILVA-SOUSA, Y.T.C.; BRAZÃO, E.H.; SPAZZIN, A.O.; PEREIRA, G.K.R; ALVES, D.M.; SAQUY, P.C.; SOUSA-NETO, M.D. Bond strength and quality of bond interface of multifilament fiberglass posts luted onto flat-oval root canals without additional dentin wear after biomechanical preparation. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v.124, n.6, p. 738, 2020.

BAHARI, M.; SAVADI OSKOEI, S.; KIMYAI, S.; MOHAMMADI, N.; SAATI KHOSROSHAHI, E. Effect of light intensity on the degree of conversion of dual-cured resin cement at different depths with the use of translucent fiber posts. **Journal of Dentistry (Tehran)**, v. 11, n. 3, p. 248-255, 2014.

BAKAUS, T.E.; GRUBER, Y.L.; REIS, A.; GOMES, O.M.M.; GOMES, G.M. Bond strength values of fiberglass post to flared root canals reinforced with different materials. **Brazilian Oral Research**, v.32, 2018.

BALDION, P.A.; BETANCOURT, D.E.; GUTIERREZ, M.D.; BELTRAN, E.O.; LAFAURIE, G.I.; CHAMBRONE, L. Influence of endodontic irrigants on bond strength between glass-fibre posts and dentin: A systematic review of in vitro studies, **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 102, p. 102685, 2020.

BALGUERIE, E.; VANDERSLUIS, L.; VALLAEYS, K.; GURGEL-GEORGELIN, M.; DIEMER, F. Sealer penetration and adaptation in the dentinal tubules: a scanning electron microscopic study. **Journal of endodontics**, v.37, n.11, p.1576-1579, 2011.

BOING, T.F.; GOMES, G.M.; GOMES, J.C.; REIS, A.; GOMES, O.M. Is the bonding of self-adhesive cement sensitive to root region and curing mode? **Journal of Applied Oral Science**, v.25, n.1, p.2-9, 2017.

BRESCHI, L.; MARAVIC, T.; CUNHA, S.R.; COMBA, A.; CADENARO, M.; TJADERHANE, L.; PASHLEY, D.H.; TAY, F.R.; MAZZONI, A. Dentin bonding systems: From dentin collagen structure to bond preservation and clinical applications. **Dental materials**, v.34, n.1, p. 78-96, 2018.

BRITO-JÚNIOR, M.B.; LEONI, G.B.; PEREIRA, R.D.; FARIA-E-SILVA, A.L.; GOMES, E.A.; SILVA-SOUSA, Y.T.; SOUSA-NETO, M.D. A novel dentin push-out bond strength model that uses micro-computed tomography. **Journal of endodontics**, v.41, n.12, p. 2058-2063, 2015.

CARNEIRO, S.M.; SOUSA-NETO, M.D.; RACHED, J.R.; MIRANDA, C.E.; SILVA, S.R.; SILVA-SOUSA, Y.T. Push-out strength of root fillings with or without thermomechanical compaction. **International Endodontic Journal**, v.45, n.9, p. 821 – 828, 2012.

CASTELLAN, C.S.; SANTOS-FILHO, P.C.; SOARES, P.V.; SOARES, C.J.; CARDOSO, P.E. Measuring bond strength between fiber post and root dentin: a comparison of different tests. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v.12, n.6, p. 477-485, 2010.

- CHIDOSKI-FILHO, J.C.; CAMARGO, L.P.; BITTENCOURT, B.F.; REIS, A.; GOMES, O.M.M.; GOMES, J.C.; GOMES, G.M. Influence of Alternative Restoration Technique with Different Composite Resins for Flared Root Reinforcement. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v.22, n.4, p. 353-363, 2020.
- DEMIRYUREK, E.O.; KULUNK, S.; YUKSEL, G.; SARC, D.; BULUCU, B. Effects of three canal sealers on bond strength of a fiber post. **Journal of endodontics**, v.36, n.3, p. 497-501, 2010.
- EID, R.Y.; KOKEN, S.; BABA, N.Z.; OUNSI, H.; FERRARI, M.; SALAMEH, Z. Effect of Fabrication Technique and Thermal Cycling on the Bond Strength of CAD/CAM Milled Custom Fit Anatomical Post and Cores: An In Vitro Study. **Journal of Prosthodontics**, v.28, n.8, p. 898-905, 2019
- FARIA E SILVA, A.L.; CASSELLI, D.S.; AMBROSANO, G.M.; MARTINS, L.R. Effect of the adhesive application mode and fiber post translucency on the push-out bond strength to dentin. **Journal of endodontics**, v. 33, n.9, 1078 – 81, 2007.
- FERNANDES, V.; SILVA, A.S.; CARVALHO, O.; HENRIQUES, B.; SILVA, F.S.; OZCAN, M.; SOUZA, J.C.M. The resin-matrix cement layer thickness resultant from the intracanal fitting of teeth root canal posts: an integrative review. **Clinical Oral Investigation**, v.25, n.10, p. 5595-5612, 2021.
- GIACHETTI, L.; SCAMINACI RUSSO, D.; BERTINI, F.; GIULIANI, V. Translucent fiber post cementation using a light-curing adhesive/composite system: SEM analysis and pull-out teste. **Journal of Dentistry**, v. 32, p. 629-634, 2004.
- GOMES, G.M.; REZENDE, E.C.; GOMES, O.M.; GOMES, J.C.; LOGUERCIO, A.D.; REIS, A. Influence of the resin cement thickness on bond strength and gap formation of fiber posts bonded to root dentin. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v.16, n.1, p. 71-8, 2014.
- GORACCI, C.; GRANDINI, S.; BOSSU, M.; BERTELLI, E.; FERRARI, M. Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: a review. **Journal of Dentistry**, v.35, n.11, p.827-835, 2007.
- JUREMA, A.L.B.; FILGUEIRAS, A.T.; SANTOS, K.A.; BRESCIANI, E.; CANEPPELE, T.M.F. Effect of intraradicular fiber post on the fracture resistance of endodontically treated and restored anterior teeth: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Prosthetic Dentistry**, 2021 [*pub ahead of print*]
- KIM, Y.K.; KIM, S.K.; KIM, K.H.; KWON, T.Y. Degree of conversion of dual-cured resin cement light-cured through three fiber posts with in human root canal: an ex vivo study. **International Endodontic Journal**, v. 42, n. 8, p. 667 – 674, 2009.
- KOSAN, E.; PRATES-SOARES, A.; BLUNCK, U.; NEUMANN, K.; BITTER, K. Root canal pre-treatment and adhesive system affect bond strength durability of fiber posts ex vivo. **Clinical Oral Investigation**, v.25, n.11, p.6419-6434, 2021.
- LIBONATI, A.; DI TARANTO, V.; GALLUSI, G.; MONTEMURRO, E.; CAMPANELLA, V. CAD/CAM Customized Glass Fiber Post and Core with

digital intraoral impression: a case report. **Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry**, v. 10, n. 12, p. 17-24, 2020.

LOPES, F.C.; ROPERTO, R.; AKKUS, A.; DE QUEIROZ, A.M.; FRANCISCO DE OLIVEIRA, H.; SOUSA-NETO, M.D. Effect of carbodiimide and chlorhexidine on the bond strength longevity of resin cement to root dentine after radiation therapy. **International Endodontic Journal**, v.53, n.4, p.539-552, 2020

LORENZETTI, C.C.; BORTOLATTO, J.F.; RAMOS, A.T.P.R.; SHINOHARA, A.L.; SAAD, J.R.C.; KUGA, M.C. The effectiveness of glass ionomer cement as a fiber post cementation system in endodontically treated teeth. **Microscopy Research and Technique**, v.82, n.7, p.1191-1197, 2019.

MACEDO, V.C.; FARIA-E-SILVA, A.; MARTINS, L.R.M. Effect of cement type, relining procedure, and length of cementation on pull-out bond strength of fiber posts. **Journal of endodontics**, v.36, n.9, p. 1543-6, 2010.

MACHRY, R.V.; FONTANA, P.E.; BOHRER, T.C.; VALANDRO, L.F.; KAIZER, O.B. Effect of Different Surface Treatments of Resin Relined Fiber Posts Cemented With Self-adhesive Resin Cement on Push-out and Microtensile Bond Strength Tests. **Operative Dentistry**, v.45, n.4, p. e185-e195, 2020.

MANICARDI, C.A.; VERSIANI, M.A.; SAQUY, P.C.; PÉCORA, J.D.; SOUSA-NETO, M.D. Influence of filling materials on the bonding interface of thin-walled roots reinforced with resin and quartz fiber posts. **Journal of Endodontics**, v. 37, n.4, p. 531 – 537, 2011.

MONTICELLI, F.; OSORIO, R.; SADEK, F.T.; RADOVIC, I.; TOLEDANO, M.; FERRARI, M. Surface treatments for improving bond strength to prefabricated fiber posts: a literature review. **Operative Dentistry**, v.33, n.3, p. 346-355, 2008.

ORDINOLA-ZAPATA, R.; BRAMANTE, C.M.; GRAEFF, M.S.; DEL CARPIO PEROCHENA, A.; VIVAN, R.R.; CAMARGO, E.J.; GARCIA, R.B.; BERNARDINELLI, N.; GUTMANN, J.L.; DE MORAES, I.G. Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: a confocal laser scanning microscopy study. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, and Oral Radiology**, v.108, n.3, p. 450-7, 2009.

PAIOLA, F.G.; LOPES, F.C.; MAZZI-CHAVES, J.F.; PEREIRA, R.D.; OLIVEIRA, H.F.; QUEIROZ, A.M.; SOUSA-NETO, M.D. How to improve root canal filling in teeth subjected to radiation therapy for cancer. **Brazilian Oral Research**, v.29, n.32, p. 121, 2018.

PEDREIRA, A.P.; D'ALPINO, P.H.; PEREIRA, P.N.; CHAVES, S.B.; WANG, L. HILGERT, L.; GARCIA, F.C. Effects of the application techniques of self-adhesive resin cements on the interfacial integrity and bond strength of fiber posts to dentin. **Journal of Applied Oral Science**, v.24, n.5, p. 437-446, 2016.

PENELAS, A.G.; PIEDADE, V.M.; BORGES, A.C.; POSKUS, L.T.; DA SILVA, E.M.; GUIMARÃES, J.G. Can cement film thickness influence bond strength

and fracture resistance of fiber reinforced composite post? **Clinical Oral Investigation**, v. 20, n. 4, p. 849 – 855, 2016.

PENTEADO, M.M.; DE ANDRADE, G.S.; ARAUJO, R.M.; BORGES, A.L.S.; VALANDRO, L.F.; PEREIRA, G.K.R.; DA SILVA, J.M.F. Fatigue survival of endodontically treated teeth restored with different fiber-reinforced composite resin post strategies versus universal 2-piece fiber post system: An in vitro study. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v.5, n.21, p.00284-5, 2021.

PEREIRA, R.D.; BRITO-JÚNIOR, M.; LEONI, G.B.; ESTRELA, C.; SOUSA-NETO, M.D. Evaluation of bond strength in single-cone fillings of canals with different cross-sections. **International Endodontic Journal**, v.50, n.2, p. 177-183, 2017.

PEREIRA, R.D.; VALDÍVIA, A.D.; BICALHO, A.A.; FRANCO, S.D.; TANTBIROJN, D.; VERSLUIS, A.; SOARES, C.J. Effect of Photoactivation Timing on the Mechanical Properties of Resin Cements and Bond Strength of Fiberglass Post to Root Dentin. **Operative Dentistry**, v.40, n.5, p. 206-21, 2015.

PEREZ, B.E.; BARBOSA, S.H.; MELO, R.M.; ZAMBONI, S.C.; OZCAN, M.; VALANDRO, L.F.; BOTTINO, M.A. Does the thickness of the resin cement affect the bond strength of a fiber post to the root dentin? **International Journal of Prosthodontics**, v.19, n.6, p. 606-609, 2006.

RADOVIC, I.; MONTICELLI, F.; GORACCI, C.; VULICEVIC, Z.R.; FERRARI, M. Self-adhesive resin cements: a literature review. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v.10, n.4, p. 251-8, 2008.

ROCHA, A.T.; GONÇALVES, L.M.; VASCONCELOS, A.J.C.; MATOS MAIS FILHO, E.; NUNES CARVALHO, C.; DE JESUS TAVAREZ, R.R. Effect of anatomical customization of the fiber posts on the bond strength of a self-adhesive resin cement. **International Journal of Dentistry**, v. 2017, p.5010712, 2017.

ROPERTO, R.C.; PORTO, T.S.; LANG, L.; TEICH, S.; WEBBER, S.; ELMOWAFY, O.; PORTO-NETO, S.T.; Microtensile bond strength between a UDMA fiber post and different resin cements: effect of pre-surface treatment. **Dental Materials Journal**, v. 35, n. 6, p. 923-928, 2016.

SANTOS-LOPES, L.D.; DA SILVA, M.P.; OLIVEIRA, L.B.M.; COSTA, S.M.S.; LIMA, L.A.S.N.; AMARAL, F.L.B. Push-out bond strength and failure mode of single adjustable and customized glass fiber posts. **Saudi Dental Journal**, v.33, n.8, p. 917-922, 2021.

SARKIS-ONOFRE, R.; FERGUSON, D.; CENCI, M.S.; MOHER, D. PEREIRA-CENCI, T. Performance of Post-retained Single Crowns: A Systematic Review of Related Risk Factors. **Journal of endodontics**, v.43, n.2, p. 175-183, 2017.

SERINO, G.; COMBA, A.; BALDI, A.; CAROSSA, M.; BALDISSARA, P.; BIGNARDI, C.; AUDENINO, A.; TORRES, C.G.R.; SCOTTI, N. Could light-curing time, post-space region and cyclic fatigue affect the nanomechanical behavior of a dual-curing cement for fiber post luting? **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v.125, p. 104886, 2022.

SHAFIEI, F.; YOUSEFIPOUR, B.; MOHAMMADI-BASSIR, M. Effect of carbodiimide on bonding durability of adhesive-cemented fiber posts in root canals. **Operative Dentistry**, v.41, n.4, p. 432-40, 2016.

SHAVERDI, S.; CANAY, S.; SAHIN, E.; BILGE, A. Effects of different surface treatment methods on the bond strength of composite resin to porcelain. **Journal of Oral Rehabilitation**, v.25, n.9, p. 699-705, 1998.

SILVEIRA-PEDROSA, D.M.; MARTINS, L.R.; SINHORETI, M.A.; CORRER-SOBRINHO, L.; SOUSA-NETO, M.D.; COSTA JUNIOR, E.D.; PEDROSA-FILHO, C.; DE CARVALHO JÚNIOR, J.R. Push-out Bond Strength of Glass Fiber Posts Cemented in Weakened Roots with Different Luting Agents. **The Journal of Contemporary Dental Practice**, n.17, v.2, p. 119-24, 2016.

SOARES, P.M.; MORGAN, L.F.; TONELLI, S.Q.; LIMEIRA, F.I.; BRUZINGA, F.F.; SERAIDARIAN, P.I.; ALBUQUERQUE, R.C.; SILVEIRA, F.F. Effect of Different Resin Cements on the Bond Strength of Custom-made Reinforced Glass Fiber Posts-A Push-out Study. **The Journal of Contemporary Dental Practice**, n.22, v. 3, p. 219–223, 2021.

SOUZA, G.; BRAGA, R.R.; CESAR, P.F.; LOPES, G.C. Correlation between clinical performance and degree of conversion of resin cements: a literature review. **Journal of Applied Oral Science**, v.23, n.4, p. 358-368, 2015.

SOUZA, J.C.M.; FERNANDES, V.; CORREIA A.; MILLER, P.; CARVALHO, O.; SILVA, F.; OZCAN, M.; HENRIQUES, B. Surface modification of glass fiber-reinforced composite posts to enhance their bond strength to resin-matrix cements: an integrative review. **Clinical Oral Investigation**, 2021. [published online ahead of print] doi:10.1007/s00784-021-04221-y

SOUZA, N.C.; MARCONDES, M.L.; DA SILVA, D.; BORGES, G.A.; JÚNIOR, L.B.; SPOHR, A.M. Relined Fiberglass Post: Effect of Luting Length, Resin Cement, and Cyclic Loading on the Bond to Weakened Root Dentin. **Operative Dentistry**, v.41, n.6, p.174-182, 2016.

SOUZA-GABRIEL, A.E.; SOUSA-NETO, M.D.; URURAHY, M.S.; ANDRADE, L.M.; FARAONI, J.J.; ROMEO, U.; PALMA-DIBB, R.G. Analysis of adhesive interface in root canals irradiated by Er;Cr:YSGG laser after luting a fiber posts. **Microscopy Research Technology**, v.79, n.11, p.1090-1096, 2016.

SUZUKI, T.Y.U.; PEREIRA, M.A.; GOMES-FILHO, J.E.; WANG, L.; ASSUNÇÃO, W.G.; SANTOS, P.H.D. Do Irrigation Solutions Influence the Bond Interface Between Glass Fiber Posts and Dentin? **Brazilian Dental Journal**, v.30, n.2, p. 106-116, 2019.

VERSIANI, M.A.; PÉCORA, J.D.; SOUSA-NETO, M.D. Flat-oval root canal preparation with self-adjusting file instrument: a micro-computed tomography study. **Journal of endodontics**, v.37, n.7, p. 1002-1007, 2011.

WANG, H.W.; CHANG, Y.H.; LIN, C.L. Mechanical resistance evaluation of a novel anatomical short glass fiber reinforced post in artificial endodontically treated premolar under rotational/lateral fracture fatigue testing. **Dental Materials Journal**, v.35, n.2, p. 233-240, 2016.

WANG, T.H.; LIU, C.J.; CHAO, T.F.; CHEN, T.J.; HU, Y.W. Risk factors for and role of dental extractions in osteoradionecrosis of the jaws: A national-based cohort study. **Head & Neck**, v.39, n.7, p. 1313-1321, 2017.

WU, M.K.; R'ORIS, A.; BARKIS, D.; WESSELINK, P.R. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology**, v.89, n. 6, p. 739-743, 2000.

WU, M.K.; WESSELINK, P.R. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. **International Endodontic Journal**, v.34, n.2, p. 137-141, 2001.

YAMIN, P.A.; PEREIRA, R.D.; LOPES, F.C.; QUEIROZ, A.M.; OLIVEIRA, H.F.; SAQUY, P.C.; SOUSA-NETO, M.D. Longevity of bond strength of resin cements to root dentine after radiation therapy. **International Endodontic Journal**, v.51, n.11, p. 1301-1312, 2018.

ZANATTA, R.F.; BARRETO, R.D.E.C.; XAVIER, T.A.; VERSLUIS, A.; SOARES, C.J. Effect of punch and orifice base sizes in different push-out test setups: stress distribution analysis. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v.17, n. 1, p. 45-50, 2015.

ZANIBONI, J.F.; SILVA, A.M.; FERNANDEZ, E.; ALENCAR, C.M.; MORAIS, J.K.P.; CAMPOS, E.A.; KUGA, M.C. Temporary cement residues affect the bond strength and dentin penetration of self-adhesive resin cement in fiberglass post cementation. **Microscopy Research and Technique**, v.84, n.10, p. 2351-2360, 2021

8. *Anexo*





USP - FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO
PRETO DA USP - FORP/USP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação da resistência de união de dentes tratados endodonticamente e restaurados com pino de fibra de vidro adaptável ao conduto radiolar

Pesquisador: GUILHERME NILSON ALVES DOS SANTOS

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 40118320.5.0000.5419

Instituição Proponente: Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DA NOTIFICAÇÃO

Tipo de Notificação: Envio de Relatório Parcial

Detalhe:

Justificativa:

Data do Envio: 05/10/2021

Situação da Notificação: Parecer Consubstanciado Emitido

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.113.981

Apresentação da Notificação:

A mesma descrita no projeto original.

Objetivo da Notificação:

Apresentar o estado de desenvolvimento do projeto, por meio de relatório parcial.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os mesmos descritos no projeto originalmente submetido.

Comentários e Considerações sobre a Notificação:

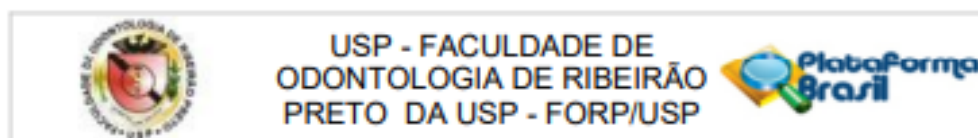
O relatório está adequadamente apresentado. Foi apresentado formulário de acompanhamento da pesquisa, devidamente preenchido, onde o pesquisador informa que o projeto está transcorrendo dentro do prazo previsto. O pesquisador relata que já foram concluídas algumas etapas do estudo: Vinte caninos superiores humanos foram tratados endodonticamente (R50/cone R50/AH Plus) e

Endereço: Avenida do Café s/nº - Bloco K, sala k,10

Bairro: Monte Alegre **CEP:** 14.040-904

UF: SP **Município:** RIBEIRÃO PRETO

Telefone: (16)3315-0493 **Fax:** (16)3315-4102 **E-mail:** cep@forp.usp.br



Continuação do Parecer: 5.113.981

foram divididos em 2 grupos (n=10) para restauração com diferentes tipos de pinos: Single Adjustable Post (SAP) e pinos de fibra de vidro (PFV) convencionais. Os pinos foram cimentados com cimento resinoso autoadesivo e

foram seccionados em 3 slices por terço. Dois slices de cada terço foram submetidos ao teste de push-out e padrão de falha e o slice mais apical foi submetido a análise da interface adesiva por microscopia eletrônica de varredura. Dez slices de cada terço foram selecionados aleatoriamente para avaliação imediata e as outras dez foram armazenados para avaliação após 6 meses.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide o item "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações".

Recomendações:

Vide o item "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações".

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Relatório parcial aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Relatório parcial aprovado conforme deliberado na 253ª Reunião Ordinária do CEP/FORP de 16/11/2021.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

| Tipo Documento | Arquivo | Postagem | Autor | Situação |
|----------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------|----------|
| Envio de Relatório Parcial | RELATORIO_PARCIAL.pdf | 05/10/2021 09:03:44 | GUILHERME NILSON ALVES DOS | Postado |

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Avenida do Café s/nº - Bloco K, sala k.10
 Bairro: Monte Alegre CEP: 14.040-904
 UF: SP Município: RIBEIRAO PRETO
 Telefone: (16)3315-0493 Fax: (16)3315-4102 E-mail: cep@forp.usp.br



USP - FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO
PRETO DA USP - FORP/USP



Continuação do Protocolo: 5.113.981

RIBEIRÃO PRETO, 19 de Novembro de 2021

Assinado por:
Simone Cecilio Hallak Regalo
(Coordenador(a))

Endereço: Avenida do Café s/nº - Bloco K, sala k,10
Bairro: Monte Alegre **CEP:** 14.040-904
UF: SP **Município:** RIBEIRÃO PRETO
Telefone: (16)3315-0493 **Fax:** (16)3315-4102 **E-mail:** csp@forp.usp.br

9. *Apêndice*



Apêndice I. Dados relativos à avaliação inicial da resistência de união ao cisalhamento por extrusão de cimento resinoso à dentina radicular (Mpa).

| Pinos de fibra de vidro | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Inicial | SAP | | | PFV | | |
| | Cervical | Médio | Apical | Cervical | Médio | Apical |
| | 16,0 | 19,8 | 8,7 | 9,2 | 5,9 | 4,6 |
| | 15,8 | 17,5 | 11,0 | 10,2 | 6,9 | 5,3 |
| | 15,9 | 11,8 | 3,6 | 9,4 | 10,9 | 2,4 |
| | 19,4 | 6,3 | 4,9 | 9,2 | 10,6 | 3,6 |
| | 13,4 | 9,3 | 3,4 | 5,7 | 2,5 | 2,7 |
| | 11,9 | 8,8 | 4,8 | 3,7 | 3,6 | 2,6 |
| | 17,1 | 8,6 | 3,7 | 7,1 | 5,3 | 6,8 |
| | 18,1 | 5,2 | 1,6 | 6,1 | 6,6 | 6,1 |
| | 10,1 | 8,1 | 6,1 | 10,1 | 6,8 | 4,7 |
| | 12,7 | 6,6 | 6,2 | 8,8 | 6,7 | 4,5 |
| $\bar{x} \pm DP$ | 15,5 ± 3,3 | 10,2 ± 2,0 | 5,4 ± 1,5 | 8,0 ± 2,1 | 6,6 ± 2,6 | 4,3 ± 1,5 |
| 06 meses | | | | | | |
| | 3,2 | 2,1 | 1,8 | 1,4 | 1,0 | 0,1 |
| | 3,0 | 1,3 | 2,6 | 1,5 | 0,5 | 0,1 |
| | 10,1 | 6,4 | 2,3 | 1,5 | 2,2 | 0,6 |
| | 10,4 | 5,1 | 1,5 | 1,8 | 1,8 | 0,8 |
| | 8,0 | 2,0 | 2,3 | 1,2 | 1,0 | 0,9 |
| | 6,7 | 2,7 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 0,6 |
| | 1,8 | 1,7 | 0,2 | 1,1 | 0,6 | 0,4 |
| | 2,1 | 2,3 | 1,7 | 1,5 | 0,7 | 0,4 |
| | 3,6 | 0,4 | 0,3 | 1,3 | 0,5 | 0,5 |
| | 3,9 | 0,4 | 0,5 | 1,1 | 0,9 | 0,4 |
| $\bar{x} \pm DP$ | 5,3 ± 3,4 | 2,4 ± 2,1 | 1,5 ± 0,8 | 1,4 ± 0,2 | 1,0 ± 0,5 | 0,5 ± 0,2 |