

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA – DOUTORADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: CLÍNICA INTEGRADA**

MURILO MARTINS BORGES

**INFLUÊNCIA DO PROTOCOLO DE IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA FINAL
E DO CIMENTO ENDODÔNTICO NA ADESÃO DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO AO
CANAL RADICULAR**

PONTA GROSSA

2022

MURILO MARTINS BORGES

**INFLUÊNCIA DO PROTOCOLO DE IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA
FINAL E DO CIMENTO ENDODÔNTICO NA ADESÃO DE PINOS DE FIBRA DE
VIDRO AO CANAL RADICULAR**

Tese apresentada ao Programa de Pós- graduação *Stricto Sensu* em Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa como requisito parcial para à obtenção do título de Doutor em Odontologia, área de concentração em Clínica Integrada, linha de pesquisa em Propriedades Físico-Químicas e Biológicas de Materiais.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Giovana Mongruel Gomes

Coorientador: Prof. Dr. João Carlos Gomes

PONTA GROSSA

2022

B732 Borges, Murilo Martins

 Influência do protocolo de irrigação endodôntica final e do cimento
endodôntico na adesão de pinos de fibra de vidro ao canal radicular / Murilo
Martins Borges. Ponta Grossa, 2022.
 97 f.

 Tese (Doutorado em Odontologia - Área de Concentração: Clínica
Integrada), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

 Orientadora: Profa. Dra. Giovana Mongruel Gomes.
 Coorientador: Prof. Dr. Joao Carlos Gomes.

 1. Irrigação ultrassônica passiva. 2. Reforço radicular. 3. Cimento
endodôntico. I. Gomes, Giovana Mongruel. II. Gomes, Joao Carlos. III.
Universidade Estadual de Ponta Grossa. Clínica Integrada. IV.T.

CDD: 617.6

MURILO MARTINS BORGES

**Influência do protocolo de irrigação endodôntica final e do cimento
endodôntico na adesão de pinos de fibra de vidro ao canal radicular**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto sensu* em Odontologia da
Universidade Estadual de Ponta Grossa, como requisito parcial à obtenção do título de
Doutor em Odontologia, área de concentração em Clínica Integrada, linha de pesquisa em
Propriedades Físico-Químicas e Biológicas de Materiais Dentários.

Ponta Grossa, 25 de agosto de 2022.

Documento assinado digitalmente
 GIOVANA MONGRUEL GOMES SCHMIDT
Data: 05/10/2024 11:25:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Giovana Mongruel Gomes – Orientadora
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Documento assinado digitalmente
 CESAR AUGUSTO GALVAO ARRAIS
Data: 05/10/2024 12:03:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o. Dr. César Augusto Galvão Arrais
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Documento assinado digitalmente
 CAMILA MAGGI MAIA SILVEIRA
Data: 05/10/2024 10:13:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Camila Maggi Maia Silveira
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Documento assinado digitalmente
 JULIANA LARocca DE GEUS
Data: 05/10/2024 09:57:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Juliana Larocca de Geus
Faculdade Paulo Picanço

Documento assinado digitalmente
 EVERDAN CARNEIRO
Data: 05/10/2024 09:43:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o. Dr. Everdan Carneiro
Pontifícia Universidade Católica do Paraná

“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

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me proporcionar saúde e condições de chegar até aqui.

À minha querida mãe, **Silvana** (*in memorian*) por tudo que fez e ainda faz por mim. Te amo além da vida.

À minha esposa, **Barbara** por toda paciência, compreensão, apoio e pelo maior presente que está agora em seu ventre. Amo vocês.

Ao meu pai, **Hamilton** e madrastra **Itamara** por todo apoio que me deram no processo. Muito obrigado.

Ao meu padrasto, **Jonas** por todo suporte que me deu ao longo desses anos. Às minha irmãs, **Larissa** e **Beatriz** pelo carinho e apoio de sempre.

À minha tia e madrinha, **Luciana** pelo incentivo e conselhos.

À minha vó, **Liudmila** pelos cuidados, apoio e carinho ao longo dessa jornada.

À minha orientadora, **Prof.^a Dr.^a. Giovana Mongruel Gomes**, por todo o ensinamento que me proporcionou durante a minha pós-graduação. Sou grato por ter convivido e aprendido com você ao longo desses anos. Te admiro muito como professora, orientadora, amiga e mãe.

Ao grande **Prof^o Dr. João Carlos Gomes**, pelo auxílio com orientações e materiais para a pesquisa.

Aos meus **amigos** que fazem parte do meu cotidiano que compreendem a minha ausência e torcem pelas minhas conquistas.

Aos **colegas** de doutorado pela amizade e convivência. Aos **professores** e **funcionários** da UEPG.

À **banca** presente, pelo aceite do convite em fazer parte dela.

DADOS CURRICULARES

Murilo Martins Borges

NASCIMENTO	10.10.1989	Ponta Grossa, PR – Brasil
FILIAÇÃO		Silvana Dorochenko Martins Hamilton Tadeu Machado Borges
2008 – 2011		Curso de Graduação em Odontologia pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Ponta Grossa, PR – Brasil
2012 – 2014		Especialização em Endodontia pela São Leopoldo Mandic – SLMANDIC. Curitiba, PR – Brasil
2015 – 2017		Curso de Pós-Graduação em Odontologia pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR. Nível de Mestrado em Odontologia. Área de Concentração: Endodontia. Curitiba, PR – Brasil
2018 – 2022		Curso de Pós-Graduação em Odontologia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG. Nível de Doutorado em Odontologia. Área de Concentração: Clínica Integrada. Ponta Grossa, PR – B

RESUMO

Borges MM. **Influência do protocolo de irrigação endodôntica final e do cimento endodôntico na adesão de pinos de fibra de vidro ao canal radicular** [Tese] Doutorado em Clínica Integrada. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2022.

O objetivo deste estudo foi comparar o efeito da irrigação passiva ultrassônica (IPU) com irrigação endodôntica convencional com agulha (ICA) utilizando hipoclorito de sódio (NaOCl) 1% como substância auxiliar, na adesão de pinos de fibra de vidro (PFV) ao canal radicular através do teste de resistência de união (RU) e a profundidade de penetração de dois cimentos endodônticos, um à base de óxido de zinco e eugenol (CBE) e outro à base de resina epóxi (CRE) através de um microscópio confocal de varredura a laser (MCL). Cinquenta e dois dentes permanentes unirradiculares tiveram suas coroas removidas e foram tratados endodonticamente seguindo o mesmo protocolo até o momento da irrigação final. Em seguida, foram divididos aleatoriamente em 2 grupos (n=26) de acordo com a irrigação final: ICA e IPU. Posteriormente, as raízes foram secas e na obturação cada grupo foi subdividido em 2 subgrupos (n=13) de acordo com o cimento obturador: CBE e CRE. Dois dentes de cada subgrupo foram separados para análise de microscopia confocal, tendo os cimentos endodônticos misturados com rodamina B 0,1% e o cimento resinoso misturado com fluoresceína 0,1%. Os dentes restantes em cada subgrupo foram cimentados com PFV e cimento resinoso autoadesivo, e então avaliados para RU pelo teste de push-out. Os dados obtidos de RU (MPa) foram submetidos à ANOVA dois fatores (grupo vs. região radicular) e Tukey ($\alpha = 0,05$), e a na análise confocal foram avaliados qualitativamente. O grupo CBE + IPU apresentou maior prevalência de possível contaminação por cimento endodôntico na interface pino/dentina na microscopia confocal. Para o teste RU, a interação dupla não foi significativa ($p > 0,05$). A região radicular como fator principal foi estatisticamente significativa, sendo observados maiores valores de RU para a região cervical da raiz e menores valores para a região apical. O fator principal grupo experimental também foi estatisticamente significante, maiores valores de RU foram observados para o grupo CRE + ICA; e os menores valores de RU foram observados para o grupo CBE + IPU. Dessa forma, devido aos efeitos adversos do eugenol sobre os cimentos resinosos autoadesivos, sugere-se não utilizar cimentos à base de eugenol em conjunto com irrigação passiva ultrassônica em dentes que necessitem de reforço intrarradicular.

Palavras-Chave: Irrigação ultrassônica passiva. Reforço radicular. Cimento endodôntico.

ABSTRACT

Borges MB. **Influence of the final endodontic irrigation and endodontic cement in the bonding of fiber posts to root canal** [Thesis] Doctorate in Integrated Clinic. Ponta Grossa: State University of Ponta Grossa; 2022.

The aim of this study was to compare the effect of ultrasonic passive irrigation (PUI) with conventional endodontic irrigation (CEI) using 1% sodium hypochlorite (NaOCl) as an auxiliary substance, on adhesion of fiberglass posts to the root canal through the bond strength (BS) test and the penetration depth of two endodontic cements, one eugenol-based cement (EBC) and the other epoxy resin-based cement (ERC) through a confocal laser scanning microscope (CLSM). Fifty-two single-rooted permanent teeth had their crowns removed and were endodontically treated following the same protocol until the time of final irrigation. Then, they were randomly divided into 2 groups (n=26) according to final irrigation: CEI and PUI. Subsequently, the roots were dried and at the time of filling each group were subdivided into 2 subgroups (n=13) according to the endodontic cement: EBC and ERC. Two teeth from each subgroup were separated for confocal microscopy analysis, with endodontic cements mixed with 0.1% rhodamine B and resin cement mixed with 0.1% fluorescein. The remaining teeth in each subgroup were cemented with fiberglass posts and self-adhesive resin cement, and then evaluated for BS by the push-out test. The data obtained from BS were submitted to two-way ANOVA (group vs. root region) and *Tukey* ($\alpha = 0.05$), and from confocal analysis were qualitatively evaluated. The EBC + PUI group showed a higher prevalence of possible contamination from endodontic cement at the post/dentin interface at confocal microscopy. For the BS test, the cross-product interaction was not significant. Root region as the main factor was statistically significantly, higher BS values were observed for the cervical root region, and lower values for the apical region. The main factor experimental group was also statistically significantly, higher BS values were observed for: ERC + CEI group; and the lowest BS values were observed for EBC + PUI group. In this way, because the adverse effects of eugenol against self-adhesive resin cements, it is suggested not to use eugenol-based cements in conjunction with passive ultrasonic irrigation in teeth that require intraradicular reinforcement.

Keywords: root canal obturation, dental cements, fiberglass

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Dente selecionado de acordo com os critérios de inclusão	23
Figura 2	- (A) disco de corte utilizado; (B) dente seccionado abaixo da JCE ...	24
Figura 3	- Sistema reciprocante (Wave One Gold) na sequência do preparodos canais	25
Figura 4	- (A) Irrigação Passiva Ultrassônica (B) Irrigação Convencional com Agulha	26
Figura 5	- Representação dos grupos experimentais	27
Figura 6	- (A) preparo do conduto com a fresa compatível; (B) lavagem com NaOCl 2,5%; (C e D) jato de ar e cone de papel absorvente para remoção do excesso de água	29
Figura 7	- (A) inserção do cimento resinoso; (B) pino de fibra de vidro posicionado; (C) fotoativação	30
Figura 8	- Representação da divisão dos testes	31
Figura 9	- (A) Corte da raiz para obtenção dos corpos-de prova; (B) Corpos-de-prova	32
Figura 10	- Mensuração da espessura das fatias	33
Figura 11	- Microscópio confocal a laser	34
Figura 12	- Teste de <i>push-out</i> . Fatia posicionada sobre a mesa de ensaio universal	35
Gráfico 1	- Distribuição dos tipos de fratura	40
Quadro 1	- Figura, marca comercial / fabricante e composição do materiais a serem utilizados na pesquisa	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

μm	Micrometro (s)
ANOVA	Análise de Variância
4-META	4-Metacriloxietyl Anidrido Trimelítico
AgNO_3NH_4	Nitrato de prata amoniacal
BDH	Banco de Dentes Humanos
Bis-GMA	Bis-Fenol A-Glicidil Metacrilato
BMP	Bis (2-Metacriloxietyl) Ácido Fosfato
CBE	Cimento a base de eugenol
CRE	Cimento a base de resina epóxi
CIV	Cimento de ionômero de vidro
Cm	Centímetro (s)
COEP	Comissão de Ética em Pesquisa
EDTA	Ácido Etilenodiaminoteracético
Fenil-P	2-Metacriloxietyl Fenil Hidrogênio Fosfato
g	Grama (s)
G	Gaule (s)
GDMA	Glicerol dimetacrilato
GPa	Gigapascal (is)
h	Hora (s)
H	Espessura
IPU	Irrigação Passiva Ultrassônica
JCE	Junção cimento-esmalte
Kg	Quilograma (s)
Kgf	Quilograma (s) força
kV	Quilovolt (s)
LED	Luz emitida por diodo
MDP	10- metacriloxidecil dihidrogênio fosfato
MEV	Microscópio Eletrônico de Varredura

Min	Minuto (s)
mL	Mililitro (s)
Mm	Milímetro (s)
mm/min	Milímetro (s) por minuto
mm ²	Milímetro (s) quadrado
MPa	Megapascal (is)
mW/cm ²	Miliwatts por centímetro (s) quadrado
N	Newton (s)
N	Número amostral
NaOCl	Hipoclorito de sódio
NI	Nanoinfiltração
PENTA-P	Monofosfato De Dipentaeritritol Pentacrilato
PFV	Pino de fibra de vidro
pH	Potencial hidrogeniônico
PMGDM	Dimetacrilato glicerol pirometílico
PVC	Policloreto de vinil
R	Raio coronário
R	Raio apical
Rpm	Rotação (ões) por minuto
RU	Resistência de união
S	Segundo (s)
S _L	Área de adesão
TEGDMA	Trietileno Glicol Dimetacrilato
U.I/cc	Unidade internacional por centímetro cúbico
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa
VHN	Número de dureza <i>Vickers</i>
vol%	Volume em porcentagem
Vs	<i>Versus</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

#	Sequência de número
=	Igual
+	Mais
±	Mais ou menos
%	Porcentagem
&	E (conjunção de adição)
<	Menor
>	Maior
X	Aumento de lente óptica
A	Alfa (Nível de significância)
°C	Grau (s) Celsius
n°	Número
P	Significância estatística
®	Registrado
™	Marca registrada
Π	Constante “pi” = 3,1416

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 CIMENTOS ENDODÔNTICOS	17
2.2 CIMENTOS À BASE DE ÓXIDO DE ZINCO E EUGENOL	18
2.3 CIMENTOS À BASE DE RESINA EPÓXI	18
2.4 PROTOCOLOS DE IRRIGAÇÃO	19
2.5 CIMENTOS RESINOSOS AUTOADESIVOS	20
3 PROPOSIÇÃO	22
3.1 PROPOSIÇÃO GERAL	22
3.2 PROPOSIÇÕES ESPECÍFICAS	22
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 SELEÇÃO DOS DENTES	23
4.2 PREPARO DOS DENTES.....	24
4.3 TRATAMENTO ENDODÔNTICO	24
4.4 PROTOCOLO DE IRRIGAÇÃO FINAL DO CANAL RADICULAR	25
4.5 PREPARO DO CONDUTO	29
4.6 CIMENTAÇÃO DOS PINOS DE FIBRA DE VIDRO	30
4.7 PROFUNDIDADE DE PENETRAÇÃO POR MICROSCOPIA CONFOCAL	31
4.8 ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO (RU).....	34
4.9 AVALIAÇÃO DOS PADRÕES DE FRATURA	36
4.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA	36
5 RESULTADOS	37
5.1 RESISTÊNCIA DE UNIÃO	37
5.2 PADRÃO DE FRATURA.....	39
5.3 ANÁLISE DE MICROSCOPIA CONFOCAL	41

6. DISCUSSÃO	43
7. CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS	48
ANEXO A – Artigo I.....	55
ANEXO B – Artigo II.....	75
ANEXO C – Aprovação do projeto pela Comissão de Ética em Pesquisa (COEP) em seres humanos da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).....	94

1 INTRODUÇÃO

Dentes tratados endodonticamente e com perda de parte da sua estrutura coronária, normalmente necessitam de um pino intrarradicular para futura restauração e reestabelecimento de sua função (BENDER, FREEDLAND¹¹1983; MARTINHO et al.⁴⁸ 2015). Os pinos de fibra de vidro são alternativas importantes se comparados aos pinos metálicos fundidos, principalmente por sua semelhança com os módulos de elasticidade da dentina, que como consequência produzem uma distribuição mais favorável das cargas mastigatórias recebidas, além de proporcionarem resultados estéticos satisfatórios (ZICARI et al.⁸⁹ 2008; KIRMALI et al.⁴² 2015).

O objetivo da obturação do canal radicular é preencher tridimensionalmente o espaço do canal radicular, pois quanto melhor este preenchimento, melhor o prognóstico para o dente, sendo ideal uma obturação bem condensada vedando todas as entradas (MICHANOWICZ et al.⁴⁹ 1989; LEDUC, FISHELBERG⁴⁵ 2003; SCHILDER⁷¹ 2006). Entretanto, durante o preparo endodôntico, os instrumentos manuais e mecanizados produzem uma camada de esfregaço (*smear layer*) que é formada por substâncias orgânicas e inorgânicas, incluindo fragmentos de processos odontoblásticos, microorganismos e conteúdo necrótico (HEARD, WALTON³⁴ 1997; PETERS, BARBAKOW⁵⁹ 2000). Essa camada de esfregaço dificulta a penetração nos túbulos dentinários dos desinfetantes intracanaís (ØRSTAVIK, HAAPASALO⁵² 1990) e dos cimentos endodônticos (WHITE, GOLDMAN, LIN⁸⁶ 1987), afetando no completo preenchimento do canal radicular.

A remoção desta camada com a irrigação de agentes quelantes e soluções anti-sépticas permite uma melhor interface entre o material de preenchimento e as paredes do canal radicular (KENNEDY, WALKER, GOUGH⁴⁰ 1986; SAUNDERS, SAUNDERS⁷⁰ 1992). Porém, a eficiência da irrigação depende dos mecanismos de trabalho da solução irrigadora e da sua capacidade de estar em contato com materiais e estruturas dentro do canal que precisam ser removidos (CHOW¹⁹ 1983; ROSENFELD, JAMES, BURCH⁶⁶ 1978).

Para potencializar essa limpeza final do canal radicular que antecede à obturação endodôntica, algumas técnicas, soluções e sistemas estão disponíveis (GU et al.³¹ 2009; VAN DER SLUIS et al.⁸¹ 2007; ACKAY et al.⁵ 2015). Entre esses protocolos, a irrigação passiva ultrassônica mostrou resultados promissores na

remoção da camada de esfregaço e consequentemente na penetração do cimento endodôntico nos túbulos dentinários (VAN DER SLUIS et al.⁸¹ 2007; AKCAY et al.⁶ 2016; JIANG et al.³⁷ 2010; PARAGLIOLA et al.⁵⁶ 2010); essa técnica foi descrita pela primeira vez por WELLER et al.⁸⁵ 1980. O termo "passivo" não descreve adequadamente este processo, pois ele na realidade é ativo. No entanto, quando o termo passivo foi introduzido pela primeira vez era para relacionar com o fato de ser uma ação "sem cortes" dos instrumentos que fossem ativados pelo ultrassom. Este efeito depende da transmissão de energia acústica de um instrumento juntamente com um irrigante no canal radicular. A energia é transmitida por meio de ondas ultrassônicas e pode induzir um fluxo acústico e a ativação do irrigante (AHMAD, PITT FORD, CRUM¹ 1987; AHMAD, PITT FORD, CRUM² 1988; LUMLEY, WALMSLEY, LAIRD⁴⁶ 1991; AHMAD, ROY, KAMARUDIN³ 1992).

Após a obturação endodôntica, é comum a presença de resíduos nas paredes do canal radicular no momento do preparo desta raiz para receber o retentor de fibra de vidro. Os resíduos consistem em restos de materiais obturadores como o cimento endodôntico, guta-percha e camada de *smear layer*, que ao serem removidos dos túbulos dentinários permitem uma penetração adequada do sistema adesivo e do cimento resinoso afim de evitar áreas enfraquecidas na interface dentina radicular e cimento resinoso, visando aumento na retenção do material restaurador (SUZUKI et al.⁷⁵ 2015; DEMIRYÜREK et al.²⁴ 2009). Essa adesão entre a dentina radicular e o cimento resinoso influencia a longevidade dos pinos de fibra de vidro, pois uma das principais falhas na cimentação desses pinos é a perda de retenção justamente na interface dentina e cimento, sendo assim, para ter uma retenção eficiente, é necessário que essa resistência da união entre o pino, a dentina e o cimento seja favorável (OLIVEIRA et al.⁵¹ 2018; RASIMICK et al.⁶² 2010).

Entre as alternativas para a irrigação final após remoção do material obturador e preparo do conduto do canal radicular que antecede à cimentação de pinos, o uso do ultrassom e insertos específicos que visam a ativação da substância irrigadora também são capazes de aumentar a penetração do selador (sistema adesivo/ cimento resinoso) por removerem de forma mais efetiva todos os resíduos do preparo do canal, assim possibilitando uma cimentação satisfatória do pino (SUZUKI et al.⁷⁵ 2015).

Partindo do pressuposto que quanto mais penetrante for o material obturador nos túbulos dentinários, mais difícil será removê-los no momento da desobturação do

canal para a cimentação dos pinos, o objetivo deste estudo foi avaliar *in vitro* o efeito da irrigação passiva ultrassônica, comparando com a irrigação convencional com agulha, na adesão dos pinos de fibra de vidro ao canal radicular por meio do teste de resistência de união e a profundidade de penetração de dois cimentos endodônticos distintos, um à base de óxido de zinco e eugenol e outro à base de resina epóxica através de um microscópio confocal de varredura a laser.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CIMENTOS ENDODÔNTICOS

O uso de cimentos endodônticos nas obturações dos canais radiculares é fundamentado na endodontia e desempenha um papel essencial no sucesso do tratamento endodôntico (JOHNSON, KULILD, TAY³⁸ 2016). Dessa forma esses cimentos devem apresentar atributos que possibilitem resoluções de processos inflamatórios além de infecções periapicais e dificultar contaminações microbianas adicionais (JOHNSON, KULILD, TAY³⁸ 2016).

As propriedades de um cimento ideal foram listadas por Grossman³⁰, sendo elas: ser pegajoso ao ser misturado, fornecendo boa adesão entre os cones e as paredes do canal; proporcionar uma vedação hermética; ser radiopaco; partículas pequenos de pó para serem facilmente misturadas com o líquido; não deve contrair após inserido no interior do canal; ser bacteriostático ou pelo menos impróprio ao crescimento microbiano; não deve manchar as estruturas dentinárias; ser insolúvel nos líquidos teciduais; ser bem tolerado pelos tecidos periradiculares e de fácil remoção quando necessário (GROSSMAN³⁰ 1988).

A seleção de um cimento para uso clínico tende a ser uma decisão que irá contribuir para o sucesso a longo prazo do tratamento não cirúrgico do canal radicular (LEE et al.⁴⁴ 2009). Os cimentos são utilizados como uma pasta viscosa e fina que trabalha como um agente lubrificante e cimentante durante a obturação, possibilitando que o material obturador primário, como cones de guta-percha, deslize e se una no canal radicular (CAICEDO, FRAUNHOFER¹⁵ 1988;VIAPIANA et al.⁸² 2014).

Os cimentos podem preencher espaços vazios (BODANEZI et al.¹² 2012), canais laterais (ALMEIDA et al.⁸ 2007) e canais acessórios onde os materiais primários não conseguem se infiltrar (SALZ et al.⁶⁹ 2009; JARDINE et al.³⁶ 2016). Se o cimento não cumprir sua função, poderá ocorrer microinfiltração e subsequente falha no tratamento endodôntico por meio da entrada de bactérias, fluidos ou moléculas entre o dente e o material restaurador (KIM et al.⁴¹ 2015).

Diversos materiais foram desenvolvidos e podem ser divididos de acordo com sua estrutura e composição química, como: à base de óxido de zinco- eugenol, à base de resina, à base de ionômero de vidro, à base de silicone, à base de hidróxido de

cálcio e cimentos endodônticos bioativos (ØRSTAVIK, D⁵³ 2005; PARIROKH, TORABINEJAD, DUMMER⁵⁸ 2018).

2.2 CIMENTOS À BASE DE ÓXIDO DE ZINCO E EUGENOL

Os cimentos endodônticos são classificados de acordo com a sua composição química. O Endofill (Dentsply Indústria e Comércio Ltda., Petrópolis, RJ, Brasil) é um selante à base de óxido de zinco e eugenol bem estabelecido que possui estabilidade dimensional, mas alta solubilidade (CARVALHO- JUNIOR et al.¹⁷ 2007; GARRIDO et al.²⁹ 2010). Os cimentos a base de óxido de zinco e eugenol (OZE) têm sido um padrão em endodontia desde o seu desenvolvimento, baseado em seu sucesso a longo prazo (KOMABAYASHI et al.⁴³ 2020). Os cimentos OZE contêm pó de óxido de zinco e eugenol líquido, um óleo essencial derivado do cravo (ARAKI et al.¹⁰ 1994; FUJISAWA & MURAKAMI²⁸ 2016).

Quando misturado e colocado na dentina radicular úmida, o óxido de zinco e o complexo eugenol formam um gel amorfo (WILSON & MESLEY⁸⁷ 1972). O pó residual de óxido de zinco permanece no gel, formando uma matriz rígida (WILSON & MESLEY⁸⁸ 1974). Os cimentos OZE continuam populares por conta de sua presa lenta, custo relativamente baixo, propriedades antibacterianas e facilidade de uso (CIVJAN & BRAUER²⁰ 1964). Diversos estudos comparativos mostraram que os cimentos contendo eugenol em sua formulação tem a capacidade de interferir no processo de polimerização de cimentos resinosos, causando um efeito negativo na resistência de união dos pinos (TEIXEIRA et al.⁷⁸ 2008; CECCHIN et al.¹⁸ 2011).

2.3 CIMENTOS À BASE DE RESINA EPÓXI

A resina epóxi surgiu em 1938 e o cimento AH 26 foi desenvolvido durante a década de 1940 (KOMABAYASHI et al.⁴³ 2020). Em 1963 Guttuso³² estudou o cimento AH 26 em ratos e encontrou após 16 dias, uma resposta tecidual moderada. Em 1993, Spångberg et al.⁷³ relataram que o AH 26 libera formaldeído, o que sugeriu sua transição do AH 26 para o AH Plus, que tem essa liberação (KOMABAYASHI et al.⁴³ 2020). Os selantes à base de resina epóxi, como AH 26 e AH Plus, são compostos de resinas epóxi de baixo peso molecular e aminas que se ajustam por reação de adição

entre grupos epóxidos ligados a resinas epóxi e aminas para formar polímero (KOMABAYASHI et al.⁴³ 2020).

O cimento AH Plus (Dentsply, DeTrey GmbH, Konstanz, Alemanha), é um cimento à base de resina epóxi composto pela mistura de uma pasta base e uma pasta catalisadora tendo a pasta base composta por bisphenol A, óxido de ferro, sílica, óxido de zircônia, tungstato de cálcio e a pasta catalisadora composta de Dibenzil-5-oxanonane-diamina-1,9 e amina adamantada (LEE et al.⁴⁴ 2017). A tempos é considerado o cimento “padrão ouro” na endodontia devido suas propriedades físico-químicas e biológicas sendo utilizado em pesquisas como material comparador (AKCAY et al.⁶ 2016).

2.4 PROTOCOLOS DE IRRIGAÇÃO

A irrigação do canal radicular exerce um papel essencial na Endodontia, facilitando a instrumentação por sua ação lubrificante, remoção dos detritos dentinários, microrganismos, *smear layer*, além de evitar o acúmulo de detritos no terço apical (SUSILA & MINU⁷⁴ 2019). As soluções irrigadoras exercem seus efeitos pela ação mecânica, química e biológica (HARGREAVES & COHEN³³ 2016). Os canais radiculares são considerados “sistemas fechados” (PARENTE et al.⁵⁷ 2010) e a dinâmica dos fluidos da solução irrigadora desenvolve um importante papel. Esta dinâmica da irrigação se refere a como elas fluem, penetram e tocam as paredes do canal (HARGREAVES & COHEN³³ 2016).

Os métodos de irrigação convencional podem favorecer o crescimento de microrganismos dentro do canal radicular por ficarem seguros em áreas protegidas como canais laterais, canais acessórios e istmos pelo fato do irrigante atingir em média apenas 1 mm além da ponta da agulha (SUSILA & MINU⁷⁴ 2019). Por isso protocolos de irrigação ativados têm sido propostos. A irrigação ativada pode ser definida como o uso de um método para agitar e melhorar o fluxo de irrigantes para dentro do sistema de canais radiculares por meios mecânicos ou outras formas de energia (SUSILA & MINU⁷⁴ 2019).

A irrigação convencional por agulha (ICA) por si só pode não garantir um preparo químico-mecânico eficaz (ACKAY et al.⁶ 2016). Portanto, diferentes técnicas de agitação manual e instrumentos de agitação mecânica têm sido recomendados

para aumentar a eficiência da irrigação, consistindo de escovas, limas ativadas manualmente ou cones de guta-percha, sistemas sônicos e ultrassônicos (GU et al.³¹ 2009; CAPAR & AYDINBELGE¹⁶ 2014).

A irrigação passiva ultrassônica (IPU) é baseada na transferência de uma energia acústica para um irrigante dentro do canal radicular por meio de ondas ultrassônicas e que causa um fluxo acústico na solução (AHMAD et al.¹ 1987). A maior porcentagem de penetração nos túbulos dentinários para esses tipos de ativação pode, assim, ser atribuído à energia acústica e ao movimento do irrigante em alta velocidade (AKCAY et al.⁶ 2016). Antes da obturação do canal radicular, sugere-se que a ativação do irrigante e a criação deste fluxo com a ativação gera um efeito positivo na penetração do cimento resinoso na dentina radicular em comparação com a penetração obtida com (ICA). (ACKAY et al.⁶ 2016).

2.5 CIMENTOS RESINOSOS AUTOADESIVOS

Os cimentos resinosos são classificados em relação a sua reação de polimerização, sendo os quimicamente ativados chamados de autopolimerizáveis, os fisicamente ativados de fotoativados e também tem os que apresentam as duas polimerizações, os chamados de cimentos duais sendo esses últimos divididos em convencionais que precisam da etapa de aplicação de adesivo durante a cimentação do pino e os autoadesivos que eliminam essa fase (MARQUES et al.⁴⁷ 2016).

Estes sistemas adesivos mais simplificados apresentam um valor de acidez elevado, podendo interferir no processo de polimerização dos cimentos gerando a incompatibilidade dos mesmos com o sistema adesivo, levando a falhas na longevidade do procedimento. Diante disso, os cimentos resinosos autoadesivos, visam eliminar a etapa de aplicação do sistema adesivo. (SILVEIRA et al.⁷² 2011).

O conceito de cimentos autoadesivos teve início, em 2002, e apresentam a capacidade de adesão às estruturas dentais (FERRACANE, STANSBURY, BURKE²⁷ 2011). O baixo pH destes materiais quando manipulados, permite a desmineralização da dentina pelos monômeros ácidos que são, geralmente, os monômeros metacrilatos com grupos ácidos carboxílicos, 4-metacriloxietil anidrido trimelítico (4-META), dimetacrilato glicerol pirometílico (PMGDM), ou grupos ácidos fosfóricos, como 2-metacriloxietil fenil hidrogênio fosfato (Fenil-P), 10-metacriloxidecil

dihidrogênio fosfato (MDP), bis (2-metacriloxietil) ácido fosfato (BMP) e monofosfato de dipentaeritritol pentacrilato (Penta-P) (FERRACANE, STANSBURY, BURKE²⁷ 2011).

Este cimento pode apresentar a reação de presa química ou dual. A presa química é uma característica essencial dos cimentos autoadesivos, pois durante a fotopolimerização do cimento, a passagem de luz pode ser bloqueada pela restauração, impedindo sua correta polimerização. Sendo assim, a combinação da presa química juntamente com a fotoativação proporcionará uma maior conversão final e elevada resistência de união. Fotoiniciadores como a canforoquinona, difenil-2,4,6-trimetilbenzoíla e óxido de fosfina são adicionados ao componente ácido, enquanto as aminas terciárias, como o N-etil, N-dimetilaminobenzoato, ou o N-dimetilaminobenzonitrila são incorporados à parte não-ácida. (FERRACANE, STANSBURY, BURKE²⁷ 2011).

3 PROPOSIÇÃO

3.1 PROPOSIÇÃO GERAL

Avaliar a influência do protocolo de irrigação endodôntica (final) e do cimento endodôntico na adesão de pinos de fibra de vidro ao canal radicular.

3.2 PROPOSIÇÕES ESPECÍFICAS

Avaliar de forma qualitativa a profundidade de penetração de diferentes cimentos endodônticos (à base de eugenol e à base de resina epóxi) nos túbulos dentinários através de microscopia confocal a laser após diferentes protocolos de irrigação final: irrigação convencional com agulha (ICA) e irrigação passiva ultrassônica (IPU).

Avaliar de forma qualitativa a profundidade de penetração do cimento resinoso nos túbulos dentinários após a cimentação de pinos de fibra de vidro por meio de microscopia confocal e correlacionar com a profundidade de penetração de diferentes cimentos endodônticos (à base de eugenol e à base de resina epóxi).

Avaliar a resistência de união dos pinos de fibra de vidro ao canal radicular por meio do teste de *push-out* e correlacionar com a profundidade de penetração de diferentes cimentos endodônticos (à base de eugenol e à base de resina epóxi) nos túbulos dentinários.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 SELEÇÃO DOS DENTES

Este projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa local através do parecer 2.991.268. Cinquenta e dois dentes humanos extraídos uniradiculares foram selecionados de acordo com os seguintes critérios de inclusão: comprimento de raiz de 14 ± 1 mm medido a partir da junção cimento-esmalte (JCE) e presença de apenas um canal radicular. Os critérios de exclusão foram raízes com curvatura excessiva, presença de trincas, fraturas, cáries e tratamento endodôntico prévio (Figura 1).

Os dentes foram distribuídos aleatoriamente em 2 grupos experimentais para diferentes testes: teste de push-out ($n = 44$) e análise de microscopia confocal ($n = 8$), de acordo com as variáveis independentes: protocolo de irrigação final do canal radicular (irrigação passiva ultrassônica e irrigação convencional com agulha) e cimento endodôntico (cimento à base de eugenol e cimento à base de resina epóxi).

Figura 1 – Dente selecionado de acordo com os critérios de inclusão.

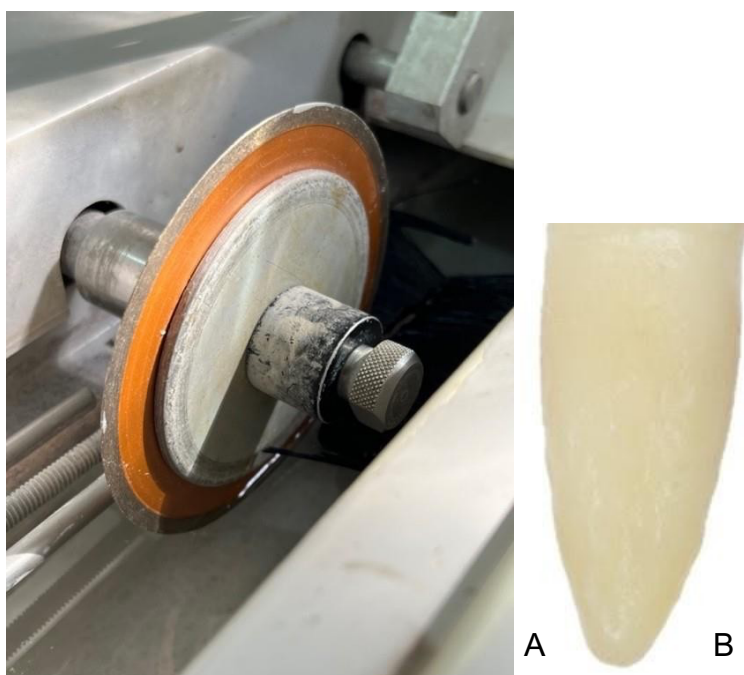


Fonte: O autor.

4.2 PREPARO DOS DENTES

Os dentes foram seccionados perpendicularmente em relação ao seu longo eixo, imediatamente abaixo da JCE (Figura 2 A - B), com disco de diamante montado em uma máquina de corte ISOMET 1000 (Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) a uma velocidade de 300 rpm sob refrigeração com água constante, a fim de acessar o canal radicular.

Figura 2 – (A) disco de corte utilizado; (B) dente seccionado abaixo da JCE.



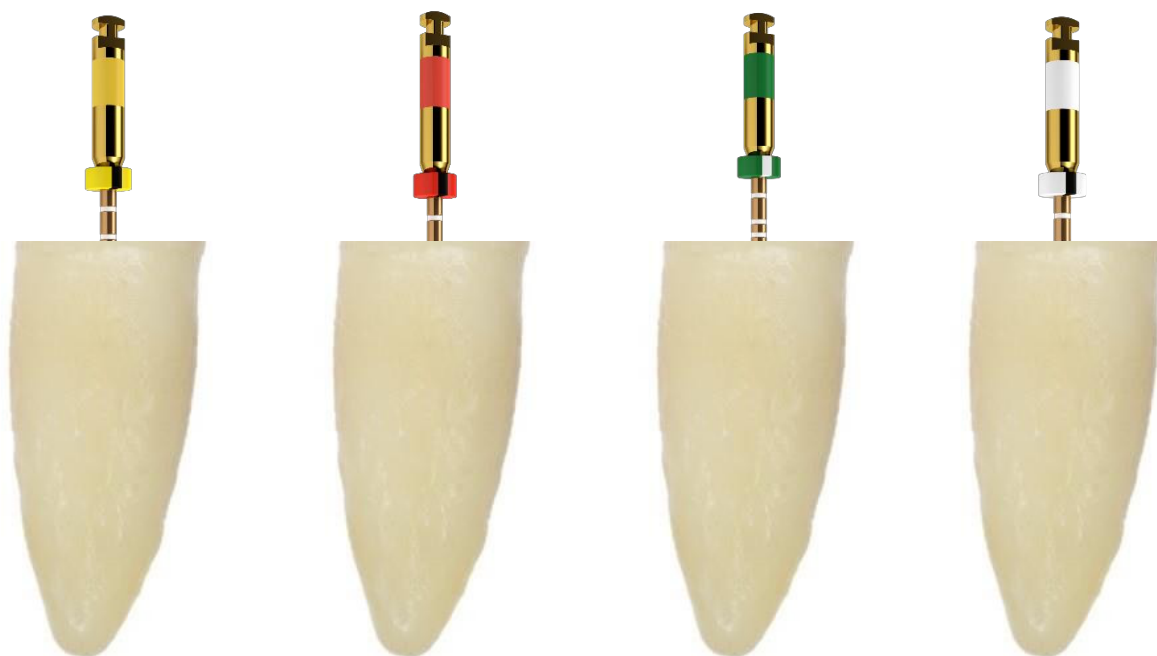
Fonte: O autor.

4.3 TRATAMENTO ENDODÔNTICO

A exploração dos canais foi realizada com limas tipo K # 10, associando solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) 1% (Asfer, Indústria Química Ltda, São Caetano do Sul, SP, Brasil) para suspensão da matéria orgânica. O preparo foi realizado com movimentos recíprocos em um motor (VDW SILVER - VDW, Munique, Baviera, Alemanha) com limas de níquel-titânio tratadas termicamente (WaveOne Gold - Dentsply Sirona, Ballaigues, Vaud, Suíça) seguindo a sequência (Small: 20.07; Primary: 25.07; Medium: 35.06 e Large: 45.05), como na figura 3, padronizando assim o diâmetro dos condutos. Durante a instrumentação os canais

foram irrigados com 2 mL de NaOCl a 1%.

Figura 3 – Sistema recíprocante (Wave One Gold) na sequência do preparo dos canais.

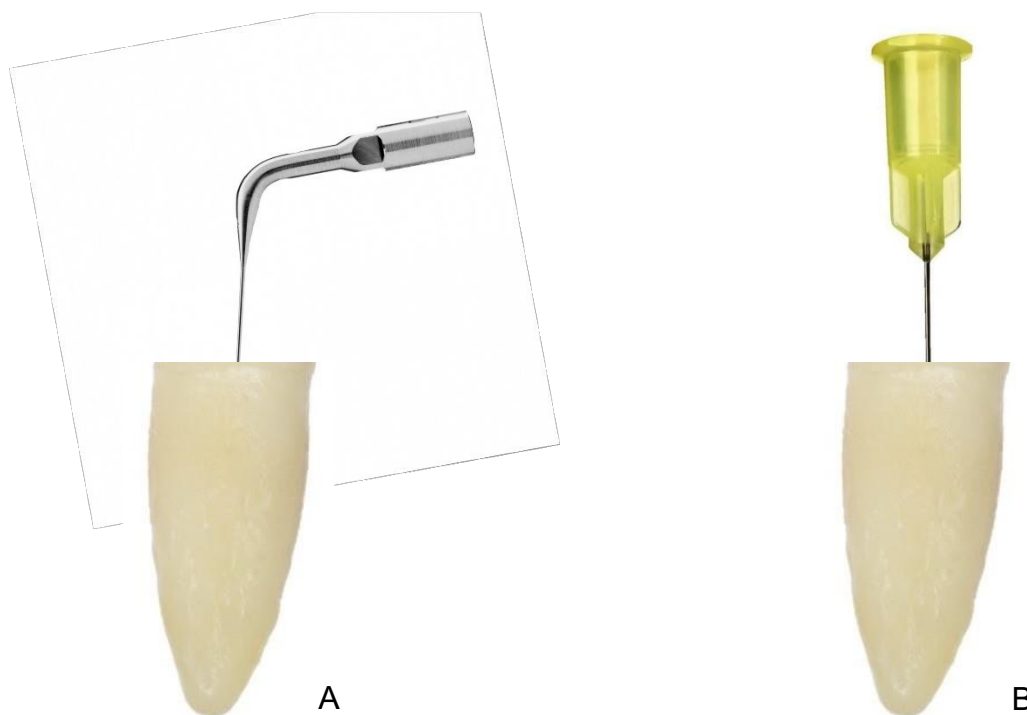


Fonte: O autor.

4.4 PROTOCOLO DE IRRIGAÇÃO FINAL DO CANAL RADICULAR

Para o grupo Irrigação Ultrassônica Passiva (IPU): o canal radicular foi preenchido com 2mL de NaOCl 1%, que foi ativado com uma ponta E1 - Irrisonic (Helsê Ultrasonic, São Paulo, SP, Brasil) por 1 minuto com irrigação passiva, colocando a ponta ultrassônica 1 mm aquém do comprimento de trabalho em uma potência de 10% (Figura 4 – A). Para o grupo Irrigação Convencional com Agulha (ICA) (controle): a irrigação final foi realizada também com NaOCl 1%, mas de forma convencional por agulha com movimentos de entrada e saída chegando no máximo 1mm aquém do comprimento de trabalho, sem a ativação ultrassônica da solução (Figura 4 – B).

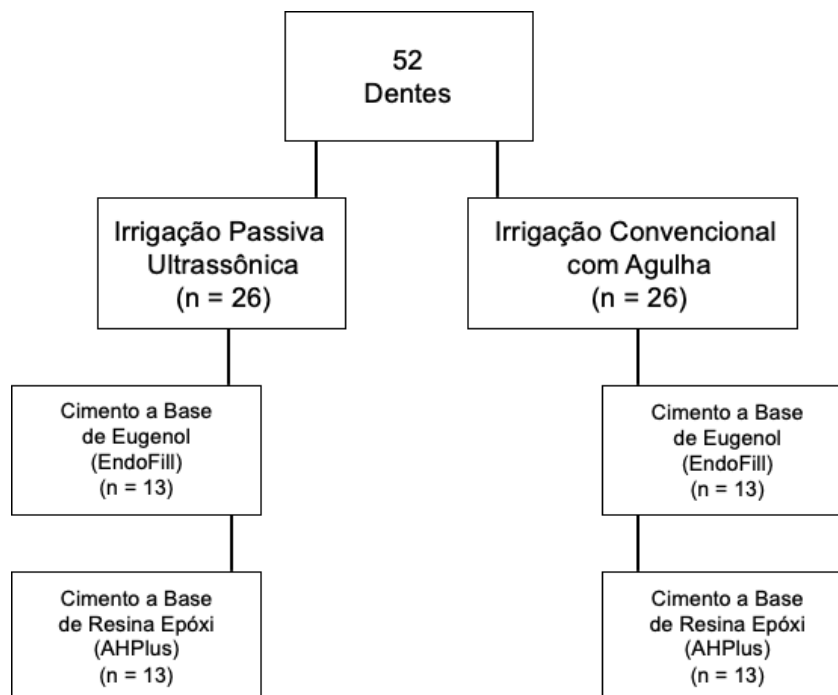
Figura 4 – (A) Irrigação Passiva Ultrassônica (B) Irrigação Convencional com Agulha



Fonte: O autor.

Após a irrigação final, todos os canais radiculares foram lavados com solução salina e secos com cones de papel absorvente compatíveis com o diâmetro do conduto. Em todos os grupos, os canais radiculares foram obturados pela técnica de cone único (Gutta-percha WaveOne Cone - Large - Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça) e com o cimento endodôntico (cimento à base de eugenol: (Endofill, Dentsply, Konstanz, Alemanha) e cimento à base de resina epóxi: (AH Plus, Dentsply, Konstanz, Alemanha), de acordo com os grupos experimentais (Figura 5), sendo cortados na entrada do canal com calcadores aquecidos e condensados no terço cervical em direção apical com calcadores frios.

Figura 5 – Representação dos grupos experimentais.



Fonte: O autor.

Após o tratamento endodôntico, a entrada dos canais radiculares foi selada com cimento de ionômero de vidro convencional (Vitro Fil, DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) e as raízes foram armazenadas em umidade relativa com água destilada a 37° C por 7 dias.

A composição dos cimentos endodônticos e cimento resinoso utilizados no estudo estão descritos no quadro 1.

Quadro 1 – Figura, marca comercial/fabricante e composição dos materiais utilizados napesquisa.

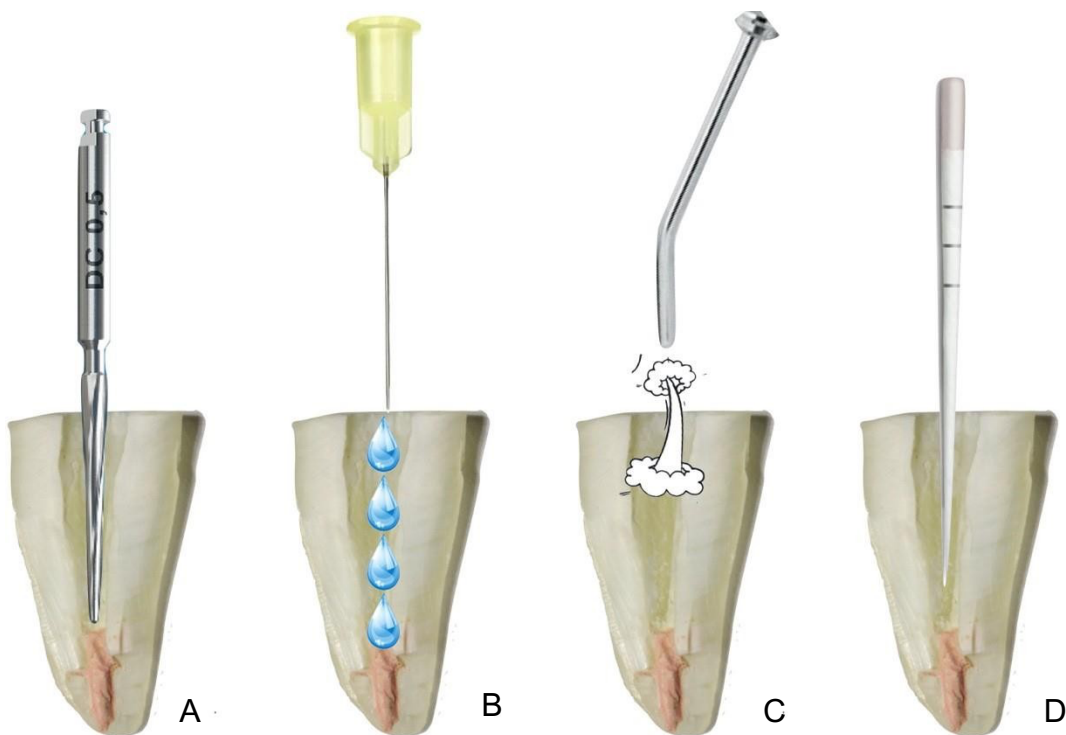
Figura	Marca comercial / Fabricante	Composição
	AhPlus / Dentsply Sirona	Pasta A (cor âmbar): Bisfenol-A resina epóxica, bisfenol-F resina epóxica, tungstato de cálcio, óxido de zircônio, sílica e pigmentos de óxido de ferro. Pasta B (cor branca): Dibenzylldiamine, aminoadamantane, tricyclodecane-diamine, tungstato de cálcio, óxido de zircônio, sílica e óleo de silicone.
	Endofill / Dentsply Sirona	Pó: Óxido de Zinco, Resina Hidrogenada, Subcarbonato de Bismuto, Sulfato de Bário e Borato de Sódio. Líquido: Eugenol, Óleo de Amêndoas e BHT.
	RelyX U200/ 3M ESPE	Pó de vidro, superfície modificada com 2-propenóico, 2 metil-3- (trimetoxissilil) propílico e feniltrimetoxi silano, 2-ácido propenóico, 2-metil-, 1,1'- [1- (hidroximetil) - 1,2-etanodiil] éster, produtos da reação com 2- hidroxi-1,3-propanodiildimetacrilato e óxido de fósforo, dimetacrilato de trietilenoglicol (TEGDMA), sílica tratada de silano, óxidos de vidro químico (não fibrosos), persulfato de sódio, terc-butyl 3,5,5-trimetil peroxihexanoato, ácido acético, sla de cobre (2+) monohidratado

Fonte: Bulário Dentsply; 3M - Ficha de informações de segurança de produtos químicos

4.5 PREPARO DO CONDUTO

Após uma semana de armazenamento, em umidade relativa com água destilada a 37 ± 1 °C, foram realizados os preparos dos condutos para posterior cimentação dos pinos de fibra de vidro (Whitepost # 0,5, FGM, Joinville, SC, Brasil). Para esse procedimento, foi utilizada a broca fornecida pelo fabricante no kit do sistema de pino adaptada em um aparelho de baixa rotação, com o objetivo de facilitar a adaptação exata do pino dentro do canal radicular (Figura 6-A). O comprimento de trabalho determinado foi de 10 mm para todos os dentes, respeitando o limite apical do material obturador de 4 mm. A cada cinco preparos a broca de preparo dos canais foi substituída. Na sequência, os condutos foram lavados com água destilada (Figura 6-B) e o excesso removido com jato de ar (Figura 6-C) e ponta de papel absorvente (Figura 6-D).

Figura 6 – (A) preparo do conduto com a broca compatível; (B) lavagem com NaOCl 2,5%; (C) jato de ar; (D) cone de papel absorvente para remoção do excesso de água.

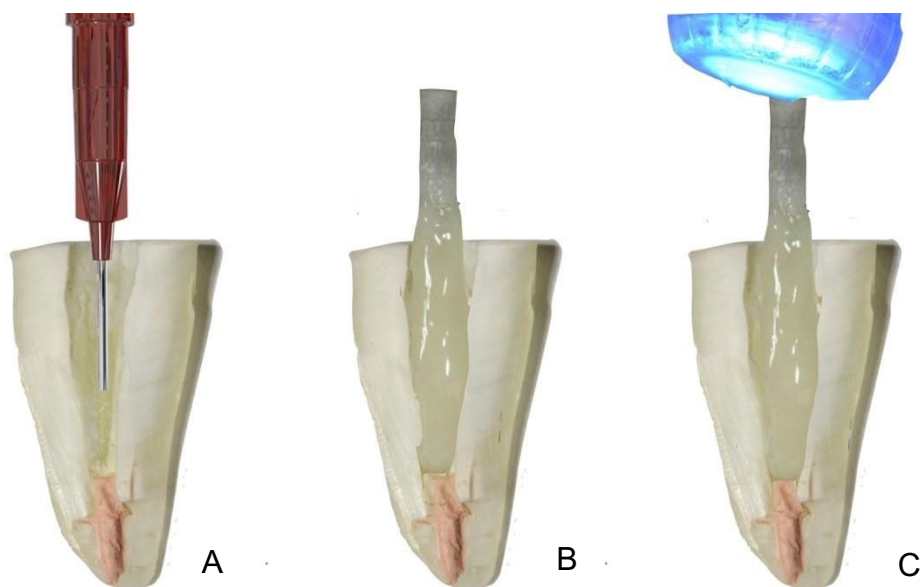


Fonte: O autor.

4.6 CIMENTAÇÃO DOS PINOS DE FIBRA DE VIDRO

A cimentação de todos os pinos foi feita com o cimento resinoso autoadesivo RelyX U200 (3M ESPE, Sumaré, SP, Brasil), e a limpeza após o preparo foi realizada com hipoclorito de sódio a 2,5% (30 mL por 1 min). Os pinos de fibra de vidro foram previamente seccionados, por meio de um disco diamantado de dupla face (KG Sorensen) sob refrigeração com água constante. Foram cortados transversalmente para obter 13 mm de comprimento, onde 10 mm correspondem ao comprimento de trabalho radicular e os outros 3 mm como um guia para a padronização na distância do aparelho fotoativador. A limpeza dos pinos de fibra de vidro foi realizada com gaze umedecida em álcool 70% durante 5 s. O cimento foi manipulado e inserido no conduto com uma seringa Centrix Precision (Maquira, Maringá, PR, Brasil). A fotoativação foi realizada através de um aparelho de LED, luz emitida por diodo (Radii Plus, SDI Limited, Victoria, Austrália), por 40 s com uma irradiância de 1200 mW/cm² posicionado sobre o pino de fibra de vidro na região cervical (Figura 7C). Após os procedimentos de cimentação, todas as raízes foram armazenadas em umidade relativa com água destilada a 37 ± 1 °C por 24 horas.

Figura 7 – (A) inserção do cimento resinoso; (B) pino de fibra de vidro posicionado; (C) fotoativação.

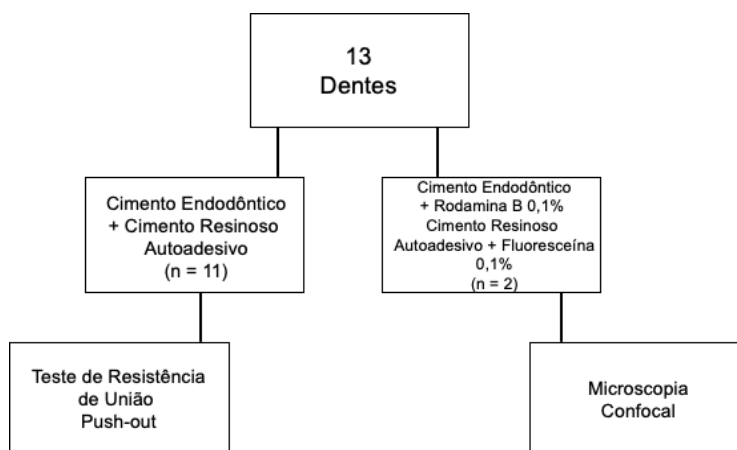


Fonte: O autor.

4.7 PROFUNDIDADE DE PENETRAÇÃO POR MICROSCOPIA CONFOCAL

Para avaliar a diferença entre a penetração dos cimentos endodônticos, duas raízes de cada grupo experimental foram selecionadas aleatoriamente (Figura 8).

Figura 8 – Representação da divisão dos testes.



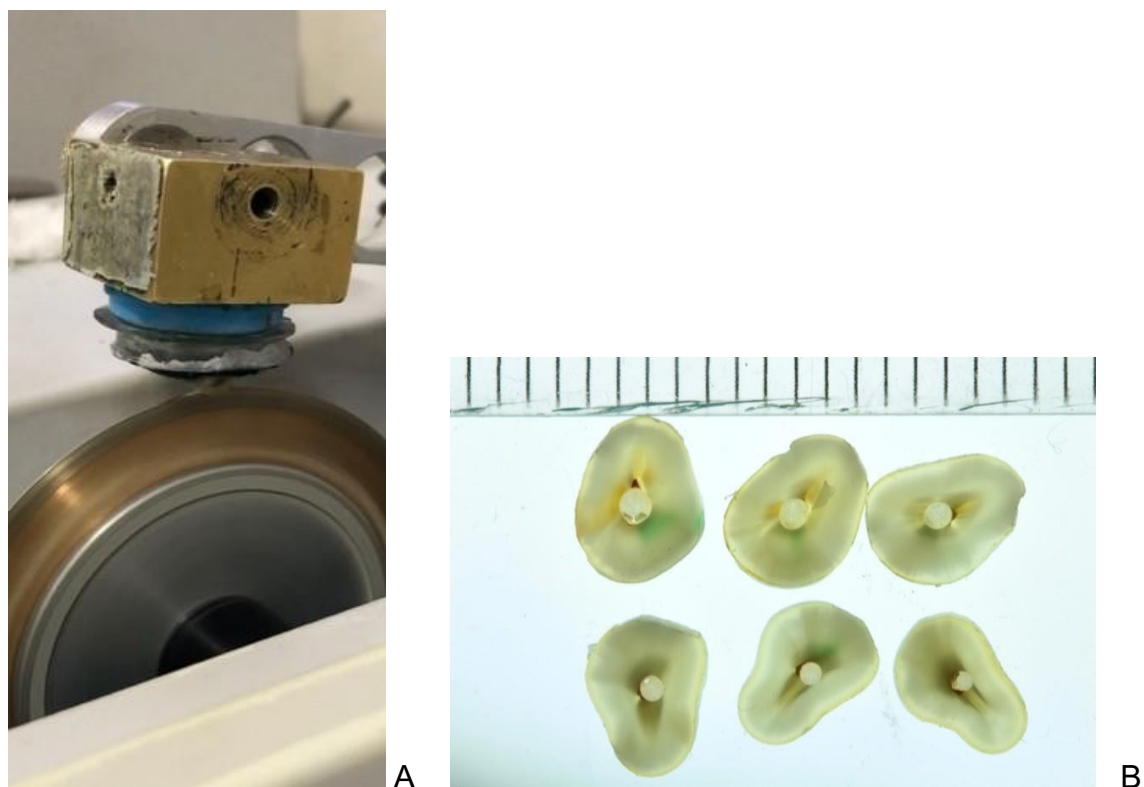
Fonte: O autor.

As etapas do preparo do canal radicular foram realizadas da mesma forma descrita anteriormente, desta vez com os cimentos endodônticos misturados com o corante rodamina B (0,1%). Antes do procedimento de cimentação, os pinos de fibra de vidro foram limpos com álcool 70% por 5 segundos. Para analisar a profundidade de penetração do cimento resinoso, um novo corante (fluoresceína 0,1%) foi manipulado juntamente com o cimento resinoso. Todos os pinos foram cimentados com cimento resinoso autoadesivo (RelyX U200, 3M ESPE, Sumaré, SP, Brasil), seguindo as recomendações do fabricante e todos os procedimentos de fotoativação deste experimento foram realizados com um diodo emissor de luz (Radii Plus, SDI Limited, Victoria, Austrália) com uma intensidade luminosa de 1200 mW/cm².

Em seguida, cada espécime foi seccionado perpendicularmente ao seu longo eixo usando uma máquina de corte universal (Figura 9) (IsoMet 1000; Buehler, Lake Bluff, IL) em velocidade lenta e sob refrigeração. Foram obtidos três cortes de cada dente com profundidades de 2, 5 e 8 mm (apical, médio e coronário) com

aproximadamente $1 \pm 0,1$ mm de espessura. As amostras foram então montadas em lâminas de vidro e examinadas com um microscópio confocal de varredura a laser 10 X (Leica TCS-SPE, Leica, Mannheim, Alemanha) com comprimento de onda de 560 a 600 nm.

Figura 9 – (A) Corte da raiz para obtenção dos corpos-de-prova (B) Corpos-de-prova



Fonte: O autor.

Cada fatia apresentou espessura média de $1 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$, mensurada com um paquímetro digital de precisão de 0,01 mm (Mitutoyo Digimatic Caliper, Tóquio, Japão) (Figura 10).

Figura 10 – Mensuração da espessura das fatias.

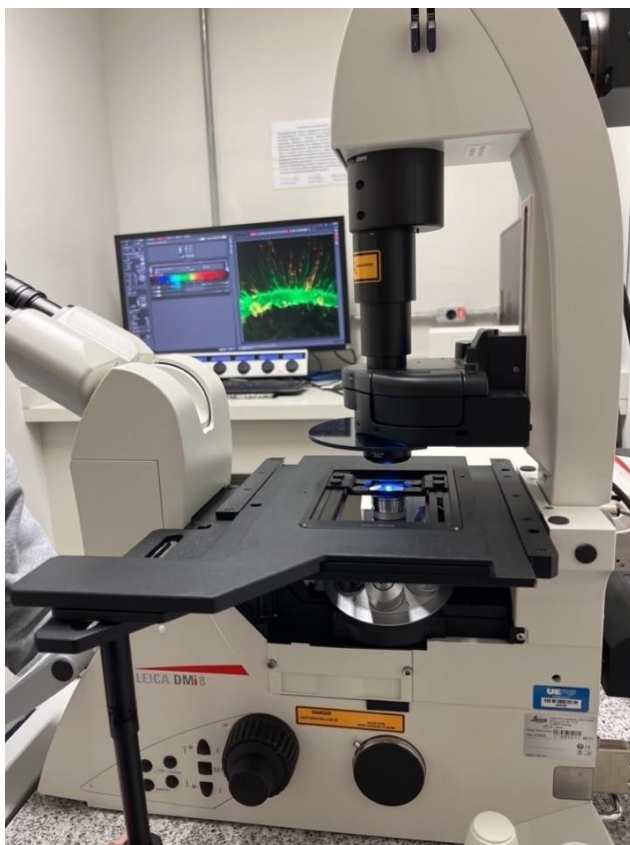


Fonte: O autor.

Em seguida todos os espécimes foram limpos em cuba ultrassônica com água destilada durante 8 minutos e finalmente polidos utilizando lixas de água de granulação de 1200 durante 1 minuto.

Um microscópio confocal a laser (Leica TCLS, Leica, Heidelberg, Alemanha), (Figura 11) equipado com uma lente de imersão em óleo de 63x/.4 NA, um laser de Ar/Kr em modo de excitação de 488-nm (excitação da Fluoresceína), e um laser de He/Ne em modo de excitação de 568-nm (excitação da Rhodamina B) foram empregados para a análise das interfaces adesivas.

Figura 11 – Microscópio confocal a laser.



Fonte: O autor.

Duas regiões diferentes de cada fatia foram selecionadas após feita uma análise geral da amostra com lente de 10 X e Zoom de 0,75 de aumento ao longo do espécime. Imagens ópticas da reflexão da fluoresceína e da rhodamina B foram capturadas a partir da sub-superfície do espécime, entre 5 micrômetros (μm) e 10 μm de profundidade (intervalos de 5 μm) abaixo da superfície externa da amostra e convertidas em imagens únicas utilizando o programa de processamento de imagem Leica LAS X for CLSM (Leica, Heidelberg, Alemanha). A configuração do sistema foi padronizada e utilizada ao mesmo nível durante todo o estudo. Em seguida, as imagens foram avaliadas qualitativamente por dois avaliadores, comparando-as entre os diversos grupos.

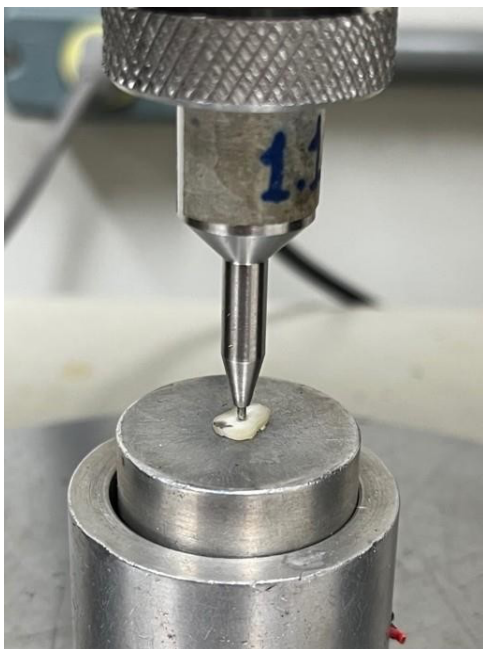
4.8 ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO (RU)

O teste de push-out foi realizado nas 11 raízes restantes por grupo, o tratamento endodôntico de acordo com os diferentes grupos experimentais, bem como

a cimentação dos pinos de fibra de vidro. Antes do teste, todas as fatias foram fotografadas em ambos os lados sob um microscópio óptico (ampliação 40X, modelo Olympus BX 5; Tóquio, Japão), a fim de calcular o raio do pino coronal e apical usando o software Image J (National Institutes of Health; Bethesda, MD, EUA). Para determinar a área adesiva, considerou-se o desenho cônico do pino de fibra de vidro e utilizou-se a fórmula de uma superfície lateral de um cone truncado.

O teste de push-out foi realizado em uma máquina universal de testes (AGI, Shimadzu Autograph; Tóquio, Japão) com velocidade transversal de 0,5 mm/min. Cada fatia foi posicionada com a porção mais coronal voltada para baixo em um dispositivo metálico com abertura central. Uma ponta metálica cilíndrica, com a extremidade compatível com o diâmetro do pino em cada terço do canal radicular, aplicou uma força compressiva (célula de carga de 50 kg) sobre o pino no sentido apical para coronal até a descolagem (Figura 12). A carga no deslocamento do pino foi registrada em Newtons (N), e as resistências de adesão (MPa) foram obtidas dividindo-se a carga pela área de adesão em mm².

Figura 12 – Teste de *push-out*. Fatia posicionada sobre a mesa de ensaio universal.



Fonte: O autor.

O valor da resistência de união, em MPa, foi calculado pela divisão do valor da carga, obtida em N através da máquina de ensaio universal, pelo valor da área adesiva (mm²). A área adesiva (S_L) foi estimada por meio da fórmula utilizada para calcular a área de superfície lateral de um cone truncado:

$$S_L = \pi(R + r)[(H^2 + (R - r)^2)^{1/2}]$$

Onde:

π é a constante 3,1416;

R representa o raio coronário do pino

(mm); r representa o raio apical do

pino (mm) e;

H representa a espessura dos corpos-de-prova (mm).

4.9 AVALIAÇÃO DOS PADRÕES DE FRATURA

Após o teste de push-out, cada espécime foi analisado em microscopia óptica (Olympus, modelo BX 51, Olympus, Tóquio, Japão) com aumento de 40X para classificar os padrões de fratura: A - fratura adesiva entre cimento resinoso e dentina radicular, B - adesivo fratura entre o cimento resinoso e o pino de fibra de vidro, C - fratura coesiva do pino de fibra, D - fratura coesiva do cimento resinoso, E - fratura coesiva da dentina radicular e F - fratura mista (quando mais de um tipo de fratura está presente).

4.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de resistência de união (MPa) foram submetidos a ANOVA dois fatores (grupo experimental vs. região radicular) e teste de Tukey para contraste médio ($\alpha = 0,05$). Os diferentes padrões de fratura foram avaliados apenas qualitativamente. Todos os cálculos foram realizados utilizando o programa estatístico Sigma Plot versão 12.0. As imagens obtidas por microscopia confocal foram analisadas apenas qualitativamente.

5 RESULTADOS

5.1 RESISTÊNCIA DE UNIÃO

Os resultados do teste de resistência de união *push-out* estão demonstrados na Tabela 1. O teste ANOVA dois fatores demonstrou que a interação dupla (grupo experimental vs região da raiz) não foi significativa ($p = 0,339$).

A região radicular como fator principal foi estatisticamente significativa ($p < 0,001$). Maiores valores de resistência de união podem ser observados no terço cervical e menores na terço apical; e o terço médio apresentou resultados intermediários.

O fator principal grupo experimental também foi estatisticamente significativo ($p < 0,001$). Maiores valores de resistência de união podem ser observados para o grupo CRE + ICA, que foi estatisticamente semelhante para o grupo CRE + IPU. Os menores valores de resistência de união podem ser observados para o grupo CBE + IPU.

Tabela 1 - Médias e desvios padrão dos valores de resistência de união (MPa).

REGIÃO RADICULAR	GRUPOS EXPERIMENTAIS				FATOR PRINCIPAL
	CBE + IPU	CBE + ICA	CRE + IPU	CRE + ICA	REGIAO RADICULAR
Cervical	4,5 ± 2,1	8,0 ± 1,9	9,8 ± 3,3	9,7 ± 1,9	8,0 ± 3,1 a
Média	4,0 ± 1,4	6,9 ± 1,7	8,0 ± 1,8	8,2 ± 2,6	6,8 ± 2,5 b
Apical	3,2 ± 1,3	4,4 ± 2,2	5,4 ± 1,6	7,2 ± 1,9	5,0 ± 2,2 c
FATOR PRINCIPAL					
GRUPO EXPERIMENTAL	3,9 ± 1,7 C	6,4 ± 2,4 B	7,7 ± 2,9 AB	8,4 ± 2,3 A	

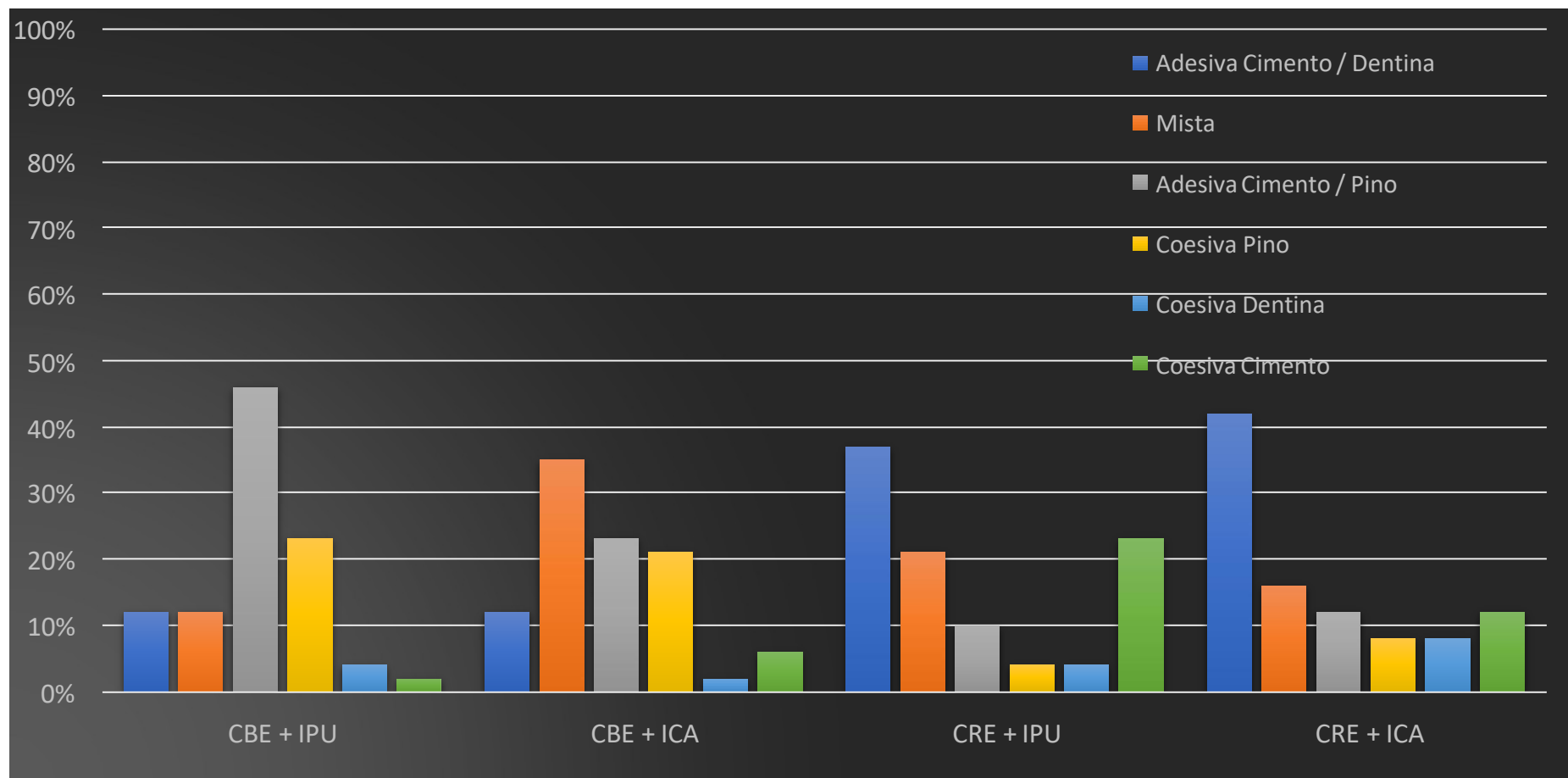
* CBE – cimento a base de eugenol; CRE – cimento a base de resina epóxi; IPU – irrigação passiva ultrassônica; ICA – irrigação convencional com agulha.

** Letras diferentes (maiúsculas: comparação de grupos experimentais; minúsculas: comparação entre regiões radiculares) indicam diferenças significativas ($p < 0.05$).

5.2 PADRÃO DE FRATURA

Os diferentes padrões de fratura após o teste de resistência de união estão demonstrados no Gráfico 1. A falha adesiva entre o cimento resinoso e a dentina radicular foi predominante nos grupos onde o CRE foi utilizado. O modo de falha misto esteve presente em todos os grupos, sendo mais predominante no grupo CBE + ICA. O modo de falha adesiva entre o cimento resinoso e o pino de fibra de vidro foi superior apenas no grupo CBE + IPU.

Gráfico 1 – Distribuição dos tipos de fratura.



5.3 ANÁLISE DE MICROSCOPIA CONFOCAL

As imagens da avaliação por microscopia confocal a laser mostram a penetração dos cimentos endodônticos (vermelho) nos túbulos dentinários de cada grupo experimental em seus diferentes terços radiculares e a presença de cimento endodôntico na interface do pino com a dentina e cimento resinoso autoadesivo (verde) (Figura 11). O grupo CBE + IPU apresentou maior prevalência de contaminação por cimento endodôntico na interface pino/dentina.

Figura 11 – Imagens da microscopia confocal com magnificação 10 x / zoom 0,75.

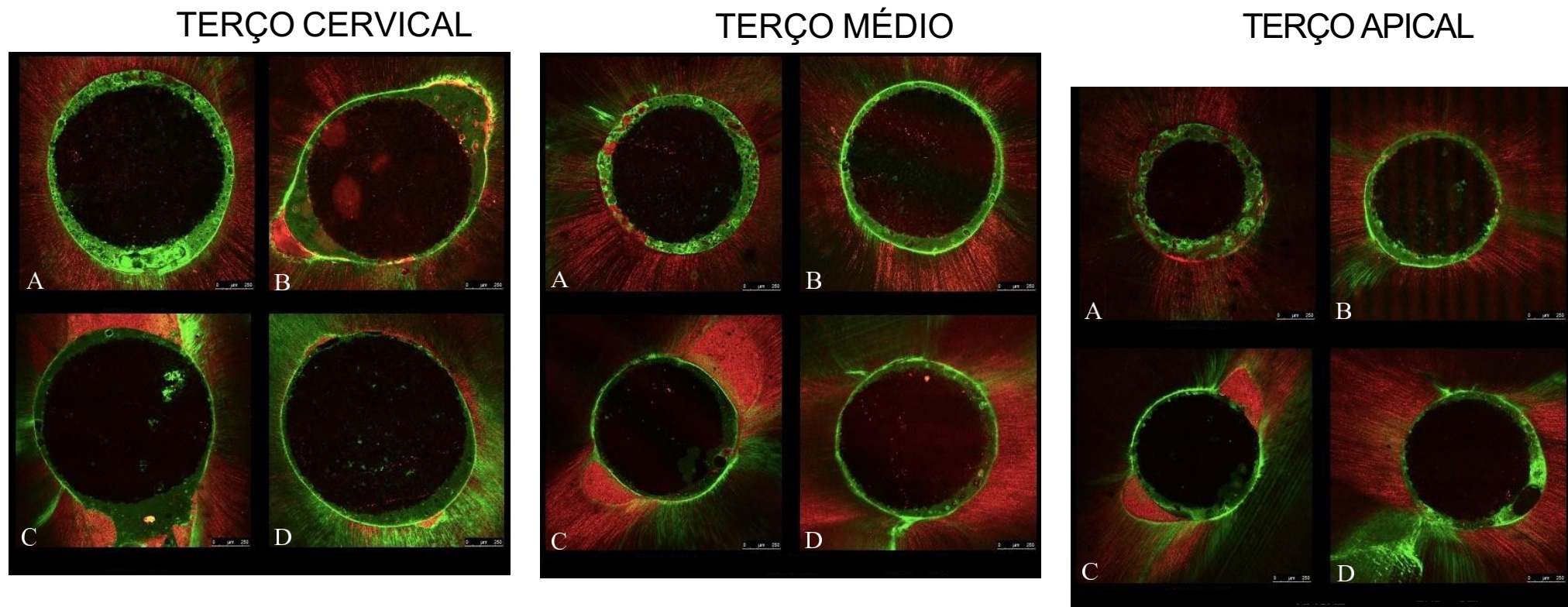


Figura 11 – **A** – CBE + IPU; **B** – CBE + ICA; **C** – CRE + IPU; **D** – CRE + ICA (CBE – cimento a base de eugenol; CRE – cimento a base de resina epóxi; IPU – irrigação passiva ultrassônica; ICA – irrigação convencional com agulha).

6. DISCUSSÃO

A remoção dos detritos e da *smear layer* é um aspecto importante durante o tratamento do sistema de canais radiculares (HÜLSMAN, PETERS, DUMMER³⁵ 2005). Novos instrumentos endodônticos vêm sendo introduzidos nos últimos anos a fim de proporcionar uma modelagem mais segura e eficiente dos canais. Entretanto, cerca de 50% das paredes do canal se mantêm sem tratamento eficaz somente com a ação mecânica dos instrumentos (PAQUE, GANAHL, PETERS⁵⁴ 2009). Ao mesmo tempo, a própria instrumentação do canal radicular promove um acúmulo de detritos (PAQUE et al.⁵⁵ 2009) que pode desfavorecer o selamento eficaz da obturação. Assim, a irrigação dos canais radiculares com substâncias com potencial de dissolução tecidual e ação antimicrobiana, juntamente com a ativação do irrigante são decisivos para uma completa desinfecção do canal (URBAN et al.⁸⁰ 2017).

No presente estudo, os canais radiculares foram preparados padronizando um alargamento apical de diâmetro 45 e conicidade 0,05, usando instrumentos reciprocantes Wave One Gold. O diâmetro do alargamento apical ainda é motivo de discussão. Avaliando que diversos estudos confirmam uma limpeza mais eficaz aliada ao aumento do preparo apical (ROLISSON et al.⁶⁵ 2002; RODRIGUES et al.⁶⁴ 2017), o preparo do terço apical do canal sem remoção excessiva da dentina pode também permitir uma descontaminação suficiente, utilizando substâncias antimicrobianas (COLDERO et al.²¹ 2002). Ao mesmo tempo, um maior preparo do terço apical pode proporcionar maiores chances de iatrogenias, como transporte apical ou perfuração (COLDERO et al.²¹ 2002). Assim, o preparo foi realizado visando alcançar um equilíbrio aceitável entre o alargamento apical, a eficiência da limpeza e o risco de acidentes.

A irrigação convencional com agulha é largamente utilizada na Endodontia, principalmente pela facilidade de administração; entretanto, o contato entre a solução irrigadora e o terço apical é reduzida pelo fato do irrigante atingir apenas 1,5 a 2,0 mm além da ponta da agulha (BOLLES et al.¹³ 2013; URBAN et al. 2017). Além disso, durante a irrigação com agulha convencional, o ar pode ficar preso em qualquer terço da raiz, o que é conhecido como o efeito de bloqueio de vapor. Este efeito limita o contato da solução com toda a superfície do canal radicular (TAY et al.⁷⁶ 2010; BOLLES et al.¹³ 2013; VIRDEE et al.⁸⁴ 2018). Desta forma, várias técnicas e

dispositivos foram desenvolvidos para proporcionar uma irrigação mais eficaz (ANDRABI et al.⁹ 2013; RAMAMOORTHY et al.⁶¹ 2015; VIRDEE et al.⁸⁴ 2018).

Diversos estudos mostram a importância de ativar as soluções irrigadoras a fim de alcançar uma boa limpeza da camada de esfregaço, composta geralmente por tecidos orgânicos e inorgânicos (ANDRABI et al.⁹ 2013; RAMAMOORTHY et al.⁶¹ 2015; VIRDEE et al.⁸⁴ 2018). Um dos métodos de ativação é conhecido como irrigação ultrassônica passiva (PUI), que ativa a irrigação por meio de micro vibrações em frequências ultrassônicas (25 a 30 kHz) com um instrumento de aço inoxidável que não toca as paredes do canal. Na literatura, tem sido relatado que a PUI favorece a remoção dos biofilmes endodônticos, melhorando assim a ação dos irrigantes ao longo dos túbulos dentinários (AHUJA et al.⁴ 2014; AKMAN et al.⁷ 2015). Este biofilme endodôntico limita a penetração dos irrigantes, das medicações intracanal e dos cimentos obturadores nos túbulos dentinários, afetando negativamente a adaptação dos cimentos às paredes do canal (VIOLICH et al.⁸³ 2010). A falta desta adesão pode favorecer uma microinfiltração após a obturação e, como consequência, causar a falha do tratamento endodôntico (AHUJA et al.⁴ 2014).

Os sistemas adesivos autocondicionantes não requerem um pré- tratamento da dentina radicular; portanto, proporcionam um processo de cimentação mais simples (TOMAN et al.⁷⁹ 2009). O mecanismo de cimentação dos sistemas adesivos autocondicionantes depende da ligação química e da retenção micromecânica (ZICARI et al.⁸⁹ 2008). Durante a cimentação de pinos, a união entre o cimento resinoso e a dentina radicular pode ser afetada pelo tipo de cimento endodôntico utilizado na obturação do canal radicular e, conseqüentemente, interferir na retenção do pino (TEIXEIRA et al.⁷⁸ 2008). Os cimentos à base de eugenol ainda são muito utilizados entre dentistas, acadêmicos e pesquisadores, devido ao seu extenso histórico de uso (DEMIRYUREK et al.²⁵ 2010; MOSHARRAF et al.⁵⁰ 2014). Diversos estudos comparativos mostraram que os cimentos contendo eugenol em sua formulação tem a capacidade de interferir no processo de polimerização de cimentos resinosos, causando um efeito negativo na resistência de união dos pinos (TEIXEIRA et al.⁷⁸ 2008; CECCHIN et al.¹⁸ 2011). Em contrapartida, como mostram Davis et al., (2007) cimentos endodônticos contendo ou não eugenol, tiveram efeitos semelhantes na retenção de pinos cimentados com cimento resinosos, levando em consideração que os cimentos não penetram profundamente nos túbulos dentinários.

Uma alternativa aos cimentos que contém eugenol em sua composição são os cimentos à base de resina epóxi, como o AH Plus. Pesquisadores vem considerando-o como padrão ouro, quando comparado a todos os outros cimentos e materiais obturadores do canal radicular (BRACKETT et al.¹⁴ 2006). Entretanto, um estudo mostrou um efeito semelhante do cimento AH Plus e do Endofill, que contém eugenol em sua formulação, frente à resistência de união de pinos de fibra de vidro cimentados com cimento resinoso. Diferente dos resultados alcançados por Reyhani et al., (2016), que demonstraram que o tipo de cimento utilizado na obturação dos canais pode afetar a resistência de união dos pinos de fibra de vidro cimentados com cimento resinoso, estando esse em conformidade com os resultados do presente estudo, onde os canais que tiveram ativação de soluções irrigadoras e foram obturados com cimento AH Plus apresentaram resistência de união superior aos canais obturados com EndoFill, possivelmente pela interação do eugenol na reação de presa do cimento resinoso, pois durante a manipulação do cimento endodôntico à base de eugenol (pó e líquido), produz uma matriz de eugenolato de zinco formada por uma reação quelante. (RUIZ et al.⁶⁷ 2018).

Para avaliação da resistência de união o teste de *push-out* foi realizado. A resistência de união pode ser mensurada usando diferentes técnicas, incluindo testes convencionais de cisalhamento, microtração, *pull-out* e *push-out* nas interfaces, entretanto, o teste de *push-out*, que utiliza uma tensão de cisalhamento nas interfaces, representa as condições clínicas (REYHANI et al.⁶³ 2016). Embora os testes convencionais de cisalhamento e microtração sejam amplamente utilizados, com base em alguns relatos, o teste *push-out* fornece uma melhor avaliação da resistência do pino ao deslocamento, além de ser mais segura devido à ausência de falha prematura e diversidade na distribuição dos dados (RAHIMI et al.⁶⁰ 2013).

Para visualizar a profundidade de penetração dos cimentos endodônticos nos túbulos dentinários a microscopia confocal a laser (MCL) foi utilizada (EL HACHEM et al.²⁶ 2018). Tedesco et al. 2018, relataram que a MCL permite melhor avaliação da penetração do cimento endodôntico, se comparada à microscopia eletrônica de varredura (MEV). Para a análise em MCL é necessário um corante fluorescente para permitir que o cimento esteja visível. Estudos anteriores têm relatado que a Rodamina B não altera as propriedades físicas do cimento (KARA TUNCER, TUNCER³⁹ 2012; RUSSELL, FRIEDLANDER, CHANDLER⁶⁸ 2018). Desta forma, Rodamina B foi

adicionada aos cimentos para mostrar sua penetração nos túbulos dentinários através da MCL.

Considerando que o emprego de protocolos que ativam as substâncias irrigadoras torna os túbulos dentinários mais limpos, livres de debris e da camada de esfregaço, conseqüentemente, o cimento endodôntico penetra mais profundamente nos túbulos. Logo os efeitos adversos do eugenol frente aos cimentos resinosos autoadesivos e os resultados do presente estudo, sugere-se que o protocolo de irrigação passiva ultrassônica não seja utilizado juntamente de obturações com cimentos endodônticos à base de eugenol, nos casos que for indicado o uso de pinos de fibra de vidro para reabilitação do dente em questão levando em consideração que nessa situação o canal obturado com cimento a base de resina epóxi apresenta melhores resultados de resistência de união.

Apesar da dificuldade de se reproduzir *in vitro* condições *in vivo*, o presente estudo foi projetado com base em diversos parâmetros previamente estabelecidos na literatura. Variações como a temperatura da cavidade oral, além do impacto das forças mastigatórias são fatores que não foram considerados neste estudo. Assim, estudos analisando a longevidade e a qualidade desses protocolos devem ser estimulados. Além disso, novos materiais e dispositivos mecânicos de limpeza do canal radicular devem ser desenvolvidos e avaliados para esclarecer a influência dos protocolos de limpeza na resistência de união.

7. CONCLUSÕES

Considerando os efeitos adversos do eugenol frente aos cimentos resinosos autoadesivos e os resultados do presente estudo, sugere-se que o protocolo de irrigação passiva ultrassônica não seja utilizado em conjunto com obturações realizadas com cimentos endodônticos à base de eugenol em casos que o uso de pinos de fibra de vidro seja indicado para reabilitação do dente, tendo como alternativa o uso de cimentos obturadores à base de resina epóxi.

REFERÊNCIAS

1. Ahmad M, Pitt Ford TJ, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod* 1987;13:490–499.
2. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA, Walton AJ. Ultrasonic Debridement of Root Canals: Acoustic Cavitation and Its Relevance. *Int Endod J* 1988;42:391–398.
3. Ahmad M, Roy RA, Kamarudin AG. Observations of acoustic streaming fields around an oscillating ultrasonic file. *Dent Traumatol* 1992;8:189–194.
4. Ahuja P, Nandini S, Ballal S, Velmurugan N. Effectiveness of four different final irrigation activation techniques on smear layer removal in curved root canals: A scanning electron microscopy study. *J Dent (Tehran)* 2014;11:1-9.
5. Akcay M, Arslan H, Mese M, & Sahin NN. The effect of photon-initiated photoacoustic streaming, ultrasonically and sonically irrigation techniques on the push-out bond strength of a resin sealer to the root dentin. *Clin Oral Investig* 2015;19(5) 1055-1061.
6. Akcay M, Arslan H, Durmus N, Mese M, Capar ID. Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study. *Lasers Surg Med* 2016;48:70–76.
7. Akman M, Akbulut MB, Aydinbelge HA, Belli S. Comparison of different irrigation activation regimens and conventional irrigation techniques for the removal of modified triple antibiotic paste from root canals. *J Endod* 2015;41:720–724.
8. Almeida JF, Gomes BP, Ferraz CC, Souza-Filho FJ, Zaia AA. Filling of artificial lateral canals and microleakage and flow of five endodontic sealers. *Int Endod J* 2007;40:692-699.
9. Andrabi SM, Kumar A, Mishra SK, Tewari RK, Alam S, Siddiqui S. Effect of manual dynamic activation on smear layer removal efficacy of ethylenediaminetetraacetic acid and SmearClear: An in vitro scanning electron microscopic study. *Aust Endod J* 2013;39:131-136.
10. Araki K, Suda H, Spangberg LS. Indirect longitudinal cytotoxicity of root canal sealers on L929 cells and human periodontal ligament fibroblasts. *J Endod* 1994; 20: 67-70.
11. Bender IB, Freedland JB. Adult root fracture. *J Am Dent Assoc* 1983;107:413-9.
12. Bodanezi A, Munhoz EA, Capelozza AL, Bernardineli N, Moraes IG, Garcia RB, *et al.* Influence of root canal sealer on the radiographic appearance of filling voids in maxillary single-rooted teeth. *J Appl Oral Sci* 2012;20:404-409
13. Bolles JA, He J, Svoboda KK, Schneiderman E, Glickman GN. Comparison of Vibringe, EndoActivator, and needle irrigation on sealer penetration in extracted

- human teeth. *J Endod* 2013;39:708-711.
14. Brackett MG, Martin R, Sword J, Oxford C, Rueggeberg FA, Tay FR. Comparison of seal after obturation techniques using a polydimethylsiloxane- based root canal sealer. *J Endod* 2006;32:1188-90.
 15. Caicedo, R.; Von Fraunhofer, J. A. The properties of endodontic sealercements. *J Endod* 1988;14:527-534.
 16. Capar ID, Aydinbelge HA. Effectiveness of various irrigation activation protocols and the self-adjusting file system on smear layer and debris removal. *Scanning* 2014;36: 640–647.
 17. Carvalho-Junior JR, Correr-Sobrinho L, Correr AB, Sinhoreti MA, Consani S, Sousa-Neto MD. Solubility and dimensional change after setting of root canal sealers: a proposal for smaller dimensions of test samples. *J Endod* 2007;33:1110-1116.
 18. Cecchin D, Farina AP, Souza MA, Carlini-Junior B, Ferraz CC. Effect of root canal sealers on bond strength of fibreglass posts cemented with self-adhesive resin cements. *Int Endod J* 2011;44:314-320.
 19. Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J. Endod* 1983;11:475–479.
 20. Civjan S, Brauer GM. Physical properties of cements, based on zinc oxide, hydrogenated rosin, o-ethoxybenzoic acid, and eugenol. *J Dent Res* 1964; 43:281-299.
 21. Coldero L, McHugh S, MacKenzie D, Saunders W. Reduction in intracanal bacteria during root canal preparation with and without apical enlargement. *Int Endod J* 2002;35:437–46.
 22. Davis ST, O'Connell BC. The effect of two root canal sealers on the retentive strength of glass fibre endodontic posts. *J Oral Rehabil* 2007;34:468-473.
 23. De-Deus G, Reis C, Beznos D, de Abranches A, Coutinho- Filho T, Paciornik S. Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. *J Endod* 2008;34:1401–1405.
 24. Demiryürek EÖ, Külünk Ş, Saraç D, Yüksel G, Bulucu B. Effect of different surface treatments on the push-out bond strength of fiber post to root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:74–80.
 25. Demiryurek EO, Kulunk S, Yuksel G, Sarac D, Bulucu B. Effects of three canal sealers on bond strength of a fiber post. *J Endod* 2010;36:497-501.
 26. El Hachem R, Le Brun G, Le Jeune B, Pellen F, Khalil I, Abboud M. Influence of the EndoActivator irrigation system on dentinal tubule penetration of a novel tricalcium silicate-based sealer. *Dent J (Basel)* 2018;6:45.

27. Ferracane JL, Stansbury JW, Burke FJ. Self-adhesive resin cements – chemistry, properties and clinical considerations. *J Oral Rehabil.* 2011;38:295–314.
28. Fujisawa S, Murakami Y. Eugenol and its role in chronic diseases. In: Gupta S PSAB, editor. *Drug Discovery from Mother Nature Advances in Experimental Medicine and Biology.* 929. Switzerland: SEMA SIMAI Springer Ser 2016;45- 66.
29. Garrido AD, Lia RC, França SC, da Silva JF, Astolfi-Filho S, Sousa-Neto MD. Laboratory evaluation of the physicochemical properties of a new root canal sealer based on Copaifera multijuga oil-resin. *Int Endod J* 2010;43:283-291.
30. Grossman, L. *Endodontics*, 11th ed.; Lea & Febiger: Philadelphia, PA, USA, 1988.
31. Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod* 2009;35:791–804.
32. Guttuso J. Histopathologic study of rat connective tissue responses to endodontic materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1963;16:713-727.
33. Hargreaves K, Berman L. *Cohen's Pathways of the Pulp.* 11th ed. St.Louis, Missouri: Elsev; 2016.
34. Heard F, Walton RE. Scanning electronmicroscope study comparing four root canal preparation techniques in small curved canals. *Int Endod J* 1997;30:323–331.
35. Hülsmann M, Peters O, Dummer P. Mechanical prepara- tion of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Top* 2005;10:30–76.
36. Jardine AP, Rosa RA, Santini MF, Wagner M, So MV, Kuga MC, *et al.* The effect of final irrigation on the penetrability of an epoxy resin-based sealer intodental tubules: a confocal microscopy study. *Clin Oral Investig* 2016;20:117-123.
37. Jiang LM, Verhaagen B, Versluis M, Van der Sluis LWM. Evaluation of a Sonic Device Designed to Activate Irrigant in the Root Canal. *J Endod* 2010;36:143–146.
38. Johnson, W.; Kulild, J.C.; Tay, F. Obturation of the Cleaned and Shaped Root Canal System. In *Cohen's Pathways of the Pulp*; Hargreaves, K.M., Berman, L.H., Eds.; Elsev: St. Louis, MO, USA, 2016;280–322.
39. Kara Tuncer A, Tuncer S. Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. *J Endod* 2012;38:860-863.
40. Kennedy WA, Walker WA, Gough RW. Smear layer removal effects on apical leakage. *J Endod* 1986;12:21–27.
41. Kim SY, Kim KJ, Yi YA, Seo DG. Quantitative microleakage analysis of root canal filling materials in single-rooted canals. *Scanning* 2015;37:237-245.
42. Kirmali O, Kustarci A, Kapdan A, et al. Effects of dentin surface treatments

- including Er,Cr:YSGG laser irradiation with different intensities on the push-out bond strength of the glass fiber posts to root dentin. *Acta Odontol Scand* 2015;73:380–6.
43. Komabayashi, Takashi; Colmenar, David; Cvach, Nicholas; *et al.* Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dent Mater J* 2020;39(5):703–720.
 44. Lee, J, K.; *et al.* Physicochemical properties of epoxy resin-based and bioceramic-based root canal sealers. *Bioinorg Chem Appl* 2017;2017:1-8.
 45. Leduc J, Fishelberg G. Endodontic obturation: a review. *Gen Dent* 2003;51:232–233.
 46. Lumley PJ, Walmsley AD, Laird WRE. Streaming patterns produced around endosonic files. *Int Endod. J* 1991;24:290–297.
 47. Marques JN. *et al.* Análise comparativa da resistência de união de um cimento convencional e um cimento autoadesivo após diferentes tratamentos na superfície de pinos de fibra de vidro. *Rev Odontl UNESP*. 2016
 48. Martinho FC, Carvalho CA, Oliveira LD, *et al.* Comparison of different dentin pretreatment protocols on the bond strength of glass fiber post using self-etching adhesive. *J Endod* 2015;41:83–7.
 49. Michanowicz AE, Michanowicz JP, Michanowicz AM, Czonstkowsky M, & Zullo TP. Clinical evaluation of low-temperature thermoplasticized injectable gutta-percha: A preliminary report. *J Endod* 1989;15:602–607.
 50. Mosharraf R, Zare S. Effect of the type of endodontic sealer on the bond strength between fiber post and root wall dentin. *J Dent (Tehran)* 2014;11(4):455-63.
 51. Oliveira IV, Maia TS, Zancopé K, Menezes MDeS, Soares CJ, Moura CCG. Can intra-radicular cleaning protocols increase the retention of fiberglass posts? A systematic review. *Braz Oral Res* 2018;32.
 52. Ørstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod dent traumatol* 1990;6:142–149.
 53. Ørstavik, D. Materials used for root canal obturation: Technical, biological and clinical testing. *Endod. Top.* 2005;12:25–38.
 54. Paque F, Ganahl D, Peters O. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. *J Endod* 2009;35: 1056–9.
 55. Paque F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M. Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *J Endod* 2009;35: 1044–7.
 56. Paragliola R, Franco V, Fabiani C, Mazzone A, Nato F, Tay FR, Breschi L, Grandini S. Final Rinse Optimization: Influence of Different Agitation Protocols. *J Endod*

2010;36:282–285.

57. Parente JM, Loushine RJ, Susin L, Gu L, Looney SW, Weller RN, et al. Root canal debridement using manual dynamic agitation or the EndoVac for final irrigation in a closed system and an open system. *Int Endod J* 2010;43(11):1001–12.
58. Parirokh, M.; Torabinejad, M.; Dummer, P.M.H. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: An updated overview—Part I: Vital pulp therapy. *Int. Endod. J.* 2018;51:177–205.
59. Peters CA, Barbakow F. Effect of irrigation on debris and smear layer on canalwalls prepared by two rotary techniques: a scanning electron microscopic study. *J Endod* 2000;25:6–10.
60. Rahimi S, Ghasemi N, Shahi S, Lotfi M, Froughreyhani M, Milani AS, Bahari M. Effect of blood contamination on the retention characteristics of two endodontic biomaterials in simulated furcation perforations. *J Endod* 2013;39:697-700.
61. Ramamoorthi S, Nivedhitha MS, Divyanand MJ. Comparative evaluation of postoperative pain after using endodontic needle and Endo-Activator during root canal irrigation: A randomised controlled trial. *Aust Endod J* 2015;41:78- 87.
62. Rasimick BJ, Wan J, Musikant BL, Deutsch AS. A Review of Failure Modes in Teeth Restored with Adhesively Luted Endodontic Dowels. *J Prosthodont* 2010;19:639–646.
63. Reyhani MF, Ghasemi N, Rahimi S, Milani AS, Omrani E. Effect of Different Endodontic Sealers on the Push-out Bond Strength of Fiber Posts. *Iran EndodJ.* 2016;11(2):119.
64. Rodrigues R, Zandi H, Kristoffersen A et al. Influence of the apical preparationsize and the irrigant type on bacterial reduction in root canal-treated teeth withapical periodontitis. *J Endod* 2017; 43: 1058–63.
65. Rollison S, Barnett F, Stevens R. Efficacy of bacterial removal from instrumented root canals in vitro related to instrumentation technique and size. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002; 94: 366–71.
66. Rosenfeld EF, James GA, Burch BS. Vital pulp tissue response to sodium hypochlorite. *J Endod* 1978;5:140–146.
67. Ruiz, L; Mongruel Gomes, G; Bittencourt, B; *et al.* Effect of root canal sealers on bond strength of fiber posts to root dentin cemented after one week or six months. *Iran Endod J* 2018;13:54–60.
68. Russell A, Friedlander L, Chandler N. Sealer penetration and adaptation in root canals with the butterfly effect. *Aust Endod J* 2018;44:225-234.
69. Salz U, Poppe D, Sbicego S, Roulet JF. Sealingpropertiesofa new root canal sealer. *Int Endod J* 2009;42:1084-1089.

70. Saunders WP, Saunders EM. The effect of smear layer upon the coronal leakage of gutta-percha fillings and a glass ionomer sealer. *Int Endod J* 1992;25:245–249.
71. Schilder H. Filling Root Canals in Three Dimensions. *J. Endod* 2006;32:281– 290.
72. Silveira OC. et al. efeito do tipo de cimento na resistência à extrusão de pino de fibra de vidro. *REMAP* 2011;6:28-34, 2011.
73. Spångberg LS, Barbosa SV, Lavigne GD. AH 26 releases formaldehyde. *J Endod* 1993;19:596-598.
74. Susila, Anand; Minu, Joseph. Activated irrigation vs. Conventional non- activated irrigation in endodontics – A systematic review. *Eur. Endod. J* 2019;4:96–110.
75. Suzuki TYU, Gomes-Filho JE, Gallego J, Pavan S, Dos Santos PH, Fraga BrisoAL. Mechanical properties of components of the bonding interface in different regions of radicular dentin surfaces. *J Prosthet Dent* 2015;113:54–61.
76. Tay FR, Gu LS, Schoeffel GJ, Wimmer C, Susin L, Zhang K, Arun SN, Kim J, Looney SW, Pashley DH. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *J Endod* 2010;4:745-50.
77. Tedesco, Maybell; Chain, Marcelo Carvalho; Bortoluzzi, Eduardo Antunes; *et al.* Comparison of two observational methods, scanning electron and confocallaser scanning microscopies, in the adhesive interface analysis of endodontic sealers to root dentine. *Clin Oral Investig* 2018;6:2353–2361.
78. Teixeira CS, Pasternak-Junior B, Borges AH, Paulino SM, Sousa- Neto MD. Influence of endodontic sealers on the bond strength of carbon fiber posts. *J Biomed Mater Res* 2008;84:430-5.
79. Toman M ,Toksavul S, Sarikanat M, Firidinoglu K, Akin A. The evaluation of displacement resistance of glass FRC posts to root dentine using a thin slice push-out test. *Int Endod J* 2009;42:802-10.
80. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Investig* 2017; 21: 2681–7.
81. Van der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J* 2007;40:415–426.
82. Viapiana, R.; Flumignan, D. L.; Guerreiro-Tanomaru, J. M.; *et al.* Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. *Int Endod J* 2014; 5:437–448.
83. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - A review. *Int EndodJ* 2010;43:2-15.

84. Virdee SS, Seymour DW, Farnell D, Bhamra G, Bhakta S. Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: A systematic review and meta-analysis. *Int Endod J* 2018;51:605-621.
85. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod* 1980;6:740–743.
86. White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials (part II). *J Endod* 1987;13:369–374.
87. Wilson AD, Mesley RJ. Zinc oxide-eugenol cements. 3. Infrared spectroscopic studies. *J Dent Res* 1972;51:1581-1588.
88. Wilson AD, Mesley RJ. Chemical nature of cementing matrixes of cements formed from zinc oxide and 2-ethoxybenzoic acid eugenol liquids. *J Dent Res* 1974;53:146.
89. Zicari F, Couthino E, De Munck J, Poitevin A, Scotti R, Naert I, van Meerbeek B. Bonding effectiveness and sealing ability of fiber-post bonding. *Dent Mater* 2008;24:967-977.

ANEXO A – Artigo I

Effect of endodontic irrigation in the bonding of fiber posts

Murilo Martins Borges^{* a}, Julio Cezar Chidoski Filho^b, Lucas Vinícius Taques^a, Juliana Larocca deGeus^a, César Augusto Galvão Arrais^a, João Carlos Gomes^a, Giovana Mongruel Gomes^a

^a Universidade Estadual de Ponta Grossa, Departamento de Pós-Graduação em Odontologia, Brazil.

^b UNIFASIPE, Departamento de Odontologia, Brazil.

*Corresponding author. E-mail address: murilo.m.borges@hotmail.com

Abstract

The aim of this study was to compare the effect of ultrasonic passive irrigation (PUI) with conventional endodontic irrigation (CEI) on adhesion of fiberglass posts to the root canal through the bond strength (BS) test and the penetration depth of two endodontic cements, one eugenol-based cement (EBC) and the other epoxy resin-based cement (ERC) through a confocal laser scanning microscope (CLSM). Fifty-two single-rooted permanent teeth had their crowns removed and were endodontically treated following the same protocol until the time of final irrigation. Then, they were randomly divided into 2 groups (n=26) according to final irrigation: CEI and PUI. Subsequently, the roots were dried and at the time of filling each group were subdivided into 2 subgroups (n=13) according to the endodontic cement: EBC and ERC. Two teeth from each subgroup were separated for confocal microscopy analysis, with endodontic cements mixed with 0.1% rhodamine B and resin cement mixed with 0.1% fluorescein. The remaining teeth in each subgroup were cemented with fiberglass posts and self-adhesive resin cement, and then evaluated for BS by the push-out test. The data obtained from BS were submitted to two-way ANOVA (group vs. root region) and *Tukey* ($\alpha = 0.05$), and from confocal analysis were qualitatively evaluated. The EBC + PUI group showed a higher prevalence of possible contamination from endodontic cement at the post/dentin interface at confocal microscopy. For the BS test, the cross-product interaction was not significant. Root region as the main factor was statistically significantly, higher BS values were observed for the cervical root region, and lower values for the apical region. The main factor experimental group was also statistically significantly, higher BS values were observed for: ERC + CEI group; and the lowest BS values were observed for EBC + PUI group. In this way, because the adverse effects of eugenol against self-adhesive resin cements, it is suggested not to use eugenol-based cements in conjunction with passive ultrasonic irrigation in teeth that require intraradicular reinforcement.

Keywords: root canal obturation, dental cements, fiberglass.

1. Introduction

Endodontically treated teeth with loss of part of their coronal structure usually require an intraradicular post for restoration and reestablishment of their function.^{9, 29} Fiberglass posts are important alternatives compared to cast metal posts, the fiberglass are similar to the dentin elasticity modules, producing a more favorable distribution of the received masticatory loads, providing satisfactory esthetic results.^{26, 60}

The purpose of endodontic obturation is to fill three-dimensionally the space of the root canal. When the filling is effective, we have a better prognosis for the tooth, being ideal a well-condensed filling sealing all entrances.^{27, 30, 48} However, during endodontic preparation, manual and mechanized instruments produce a smear layer formed by organic and inorganic substances, including fragments of odontoblastic processes, microorganisms and necrotic content.^{21, 37} This smear layer makes it difficult the penetration into the dentinal tubules of intracanal disinfectants³³ and endodontic cements⁵⁹, affecting the complete filling of the root canal. The removal of this smear layer with the irrigation of chelating agents and antiseptic solutions allows a better interface between the filling material and the root canal walls.^{25, 47} However, irrigation efficiency depends on the working mechanisms of the irrigation solution and its ability to be in contact with materials and structures within the canal that need to be removed.^{13, 44}

In order to enhance this final cleaning of the root canal that precedes endodontic filling, some techniques, solutions and systems are available.^{5, 20, 55} Among these protocols, passive ultrasonic irrigation showed promising results at removing the smear layer and consequently at penetrating the endodontic cement into the dentinal tubules.^{6, 23, 36, 55} This technique was first described by Weller et al. (1980).⁵⁸ The term passive does not adequately describe this process, as it is active. However, when the term passive was first introduced, it was related to the uncut action of instruments that were activated by ultrasound. This effect depends on the transmission of acoustic energy from an instrument together with an irrigant in the root canal. The energy is transmitted through ultrasonic waves and can induce an acoustic flow and activation of the irrigant.^{1, 3, 28}

After endodontic filling, it is common the presence of residues on the root canal walls at the time of preparation of this root to receive the fiberglass retainer. Residues consist of remains of filling materials such as endodontic cement, gutta-percha and smear layer. When these residues are removed from the dentinal tubules, they allow adequate penetration of the

adhesive system and resin cement in order to avoid weakened areas at the root dentin and resin cement interface, aiming at increasing retention of the restorative material.^{17, 49} This adhesion between root dentin and resin cement influences the longevity of fiberglass posts, as one of the main failures in the cementation of these posts is the loss of retention precisely at the dentin and cement interface.³² Thus, to have an efficient retention, it is necessary that this strength of the union between the post, the dentin and the cement is favorable.^{32,40}

Among the alternatives for final irrigation of the root canal before post cementation, the use of ultrasound and specific inserts aimed at activating the irrigating substance are also capable of increasing the penetration of the sealer (adhesive system/ resin cement) because they remove all residues from the root canal preparation more effectively, thus enabling a satisfactory cementation of the post.⁴⁹ The more penetrating the filling material is in the dentinal tubules, more difficult it will be to remove them at the time of root canal filling removal for cementation of the posts.

Thus, the aim of this study was to compare the effect of ultrasonic passive irrigation with conventional endodontic irrigation on adhesion of fiberglass posts at root canal through the bond strength test and the penetration depth of two different endodontic cements, one based on zinc oxide and eugenol and the other based on epoxy resin through a confocal laser scanning microscope.

2. Materials and methods

2.1. Teeth selection

This research project was approved by the local Research Ethics Committee. Fifty-two single-rooted extracted human teeth were selected according to the following inclusion criteria: root length of 14 ± 1 mm measured from the cement-enamel junction (CEJ) and presence of only one root canal. Exclusion criteria were roots with excessive curvature, presence of cracks, fractures, caries, and previous endodontic treatment.

The teeth were randomly assigned into 2 experimental conditions for different tests: push-out test (n=44) and confocal microscopy analysis (n=8), according to the independent variables: root canal final irrigation protocol (passive ultrasonic irrigation and conventional endodontic irrigation) and endodontic sealer (eugenol-based cement and epoxy resin-based

cement).

2.2. Teeth preparation

The teeth were sectioned perpendicular to their long axis, just below the cement-enamel junction, with the diamond disc mounted on an ISOMET 1000 cutting machine (Buehler, Lake Bluff, IL, USA) at a speed of 300 rotations per minute (rpm) under constant water, cooling to create root canal access. The length of the roots was measured with a millimeter ruler.

2.3. Chemical-mechanical preparation of root canals and experimental groups

The exploration of the root canals was performed with K # 10 files, associating 1% sodium hypochlorite solution (NaOCl) for suspension of the organic matter. The preparation was performed with reciprocating movements on an endodontic engine (VDW SILVER - VDW, Munich, Bavaria, Germany) with heat-treated nickel-titanium files (WaveOne Gold - Dentsply Sirona, Ballaigues, Vaud, Switzerland) following the sequence (Small: 20.07; Primary: 25.07; Medium: 35.06, and Large: 45.05), thus standardizing the diameter of the canals. During instrumentation, the canals were irrigated with 2 mL of 1% NaOCl.

2.4. Final irrigation protocol of the root canal

For the Passive Ultrasonic Irrigation group (PUI): the root canal was filled with 2 mL of 1% NaOCl, which was activated with an E1 - Irrisonic tip (Helsê Ultrasonic, Sao Paulo, SP, Brazil) for 1 minute with passive irrigation, placing the ultrasonic tip 1 mm short of the working length in a power of 10%. For the Conventional Endodontic Irrigation group (CEI) (control): the final irrigation was performed also with 1% NaOCl, but in a conventional needle irrigation way, that is, without the ultrasonic activation of the solution.

After the final irrigation, all root canals were washed with saline solution. In all groups, the root canals were obturated by the single-cone technique (Gutta-percha WaveOne Cone - Large - Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland) and with the endodontic sealer (eugenol-based cement: (Endofill, Dentsply, Konstanz, Germany) and epoxy resin-based cement: (AH Plus, Dentsply, Konstanz, Germany), according to the experimental groups

(Figure 1).

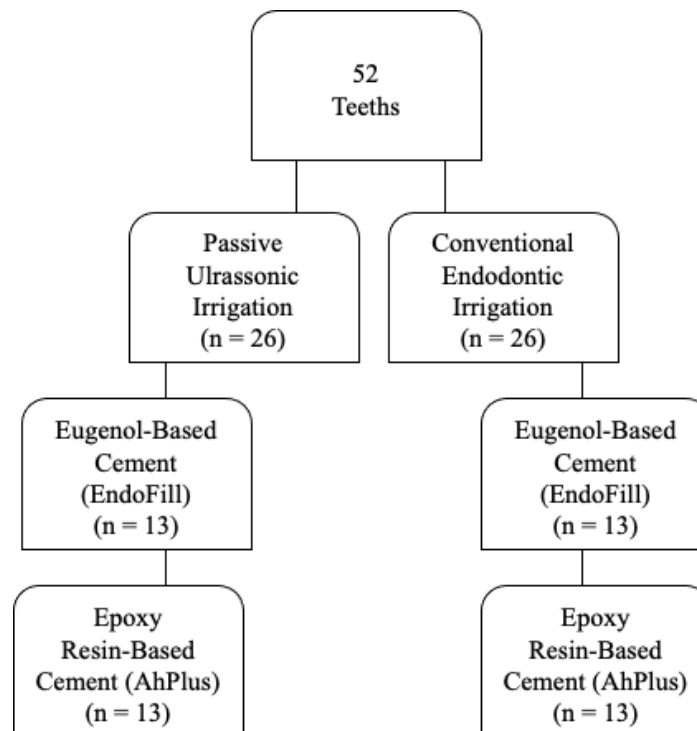


Figure 1. Experimental groups

After endodontic treatment, the entrance of root canals was sealed with conventional glass ionomer cement (Vitro Fil, DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brazil) and the roots were stored in relative humidity with distilled water at 37° C for 7 days.

2.5. Root canal preparation

After one week of storage at relative humidity with distilled water at 37 ± 1 °C, the conduits were prepared for later cementation of the fiberglass posts (Whitepost #0.5, Fgm, Joinville, SC, Brazil). For this procedure, the milling cutter from the pin system kit was used, it was adapted in a lowrotation device, with the objective of facilitating the exact adaptation of the post within the root canal. The working length determined was 10 mm for all teeth, respecting the apical limit of the filling material of 4 mm. After every five preparations, the milling cutter was replaced. Subsequently, the ducts irrigated with 2 mL of 1% NaOCl and the excess removed with an air jet and absorbent paper tip.

2.6. Posts cementation

The posts were cemented with self-adhesive resin cement RelyX U200 (3M ESPE), and the cleaning after preparation was irrigated with 2 mL of 1% NaOCl. The glass fiber posts were previously sectioned using a double-sided diamond disc (KG Sorensen) under constant water cooling. They were cut transversally to obtain 13 mm in length, where 10 mm corresponds to the root working length and the other 3 mm as a guide for standardizing the distance from the light curing device. The glass fiber posts were cleaned with gauze moistened with 70% alcohol for 5 seconds. The cement was manipulated and inserted into the conduit with a Centrix Precision syringe (Maquira, Maringá, PR, Brazil). Photoactivation was performed using an LED device, the light was emitted by a diode (Radii Plus, SDI Limited, Victoria, Australia) for 40 seconds with an intensity of 1200 mW/cm², it was positioned on the fiberglass post in the region neck (Figure 9C). After the cementation procedures, all roots were stored in relative humidity with distilled water at 37 ± 1 °C for 24 hours.

2.7. Confocal microscopy analysis

To evaluate the difference of endodontic sealer penetration depth, two roots from each experimental group were randomly selected for confocal microscopy (figure 2). For this purpose, the endodontic sealers were mixed with 0.1% rhodamine B dye for possible penetration depth visualization.

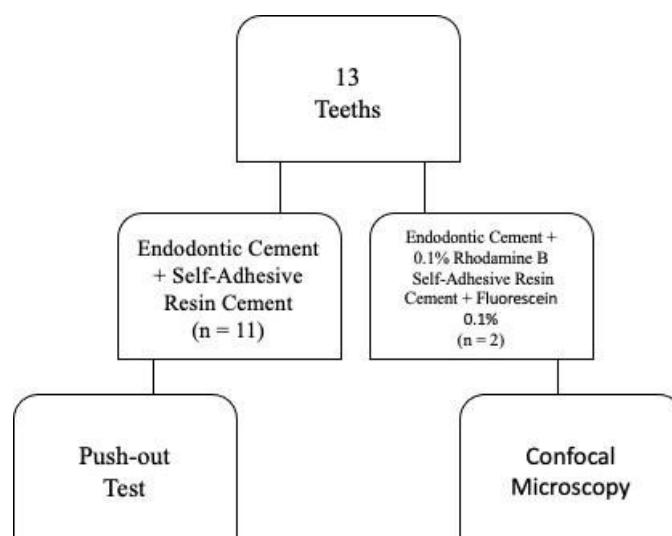


Figure 2. Experimental design for the tests

Endodontic procedures were performed in the same way as previously described, but with endodontic cements mixed with rhodamine B dye (0.1%). Before the cementation procedure, the fiberglass posts were cleaned with 70% alcohol for 5 seconds. To analyze the penetration depth of resin cement, a new dye (fluorescein 0.1%) was manipulated together with the resin cement. All posts were cemented with self-adhesive resin cement (RelyX U200, 3M ESPE, Sumaré, SP, Brazil), following the manufacturer's recommendations and all light-activation procedures in this experiment were performed with a light-emitting diode (Radii Plus, SDI Limited, Victoria, Australia) with a light intensity of 1200 mW/cm². After the cementation procedures, all roots were stored in 100% relative humidity at 37 ± 1°C for 24 h.

2.8. Sample preparation

The roots were transversally sectioned into seven 1-mm-thick slices using a low-speed diamond saw (Isomet, Buehler) under water cooling. The first coronal slice was discarded due to the presence of excess cement, resulting in two slices for each root canal third (apical, middle, coronal). The coronal side of each slice was identified, and its thickness measured using a digital caliper with 0.01-mm accuracy (Mitutoyo Digimatic Caliper; Tokyo, Japan).

2.9. Push-out bond strength

The push-out test was performed in the remaining 11 roots per group, the endodontic treatment according to the different experimental groups, as well as the cementation of the fiberglass posts. Before testing, all slices were photographed on both sides under an optical microscope (magnification 40X, Olympus BX 51 model; Tokyo, Japan), in order to calculate the coronal and apical post radius using Image J software (National Institutes of Health; Bethesda, MD, USA). To determine the adhesive area, the tapered design of the glass-fiber post was considered and the formula of a lateral surface of a truncated cone was used. The push-out test was performed in a universal testing machine (AGI, Shimadzu Autograph; Tokyo, Japan) at a crosshead speed of 0.5 mm/min. Each slice was positioned with the most coronal portion side down on a metallic device with a central opening. A cylindrical metallic tip, with the extremity compatible with the post diameter in each root canal third, applied a

compressive force (50-kg load cell) on the post in an apical to coronal direction until debonding. The load at post dislodgment was recorded in Newtons (N), and the bond strengths (MPa) were obtained by dividing the load by the bonding area in mm².

2.10. Analysis of fracture pattern

After the push-out test, each specimen was analyzed under an optical microscopy (Olympus, model BX 51, Olympus, Tokyo, Japan) with 40X magnification to classify fracture patterns: A - adhesive fracture between resin cement and root dentin, B - adhesive fracture between resin cement and glass fiber post, C - fiber post cohesive fracture, D - cohesive resin cement fracture, E - cohesive root dentin fracture, and F - mixed fracture (when more than one type of fracture is present).

2.11. Statistical Analysis

The bond strength data (MPa) was submitted to 2-way ANOVA (experimental group vs. root region) and Tukey test for mean contrast ($\alpha = 0.05$). The different fracture patterns were evaluated qualitatively only. All calculations will be performed using the statistical program Sigma Plot version

12.0. The images obtained through confocal microscopy were analyzed only qualitatively.

3. Results

3.1 Push-out bond strength

Results for the push-out bond strength test are shown in Table 1. Two-way ANOVA demonstrated that the cross-product interaction (experimental group vs root region) was not significant ($p = 0.339$).

Root region as the main factor was statistically significantly ($p < 0.001$). Higher bond strength values can be observed for the cervical root region, and lower values for the apical region; and the middle root region showed intermediate results.

The main factor experimental group was also statistically significantly ($p < 0.001$).

Higher bondstrength values can be observed for the ERB + CEI group, which was statistically similar for the ERB

+ PUI group. The lowest bond strength values can be observed for the EBC + PUI group.

Table 1. Means and standard deviations of bond strength (MPa) for the different experimental groups

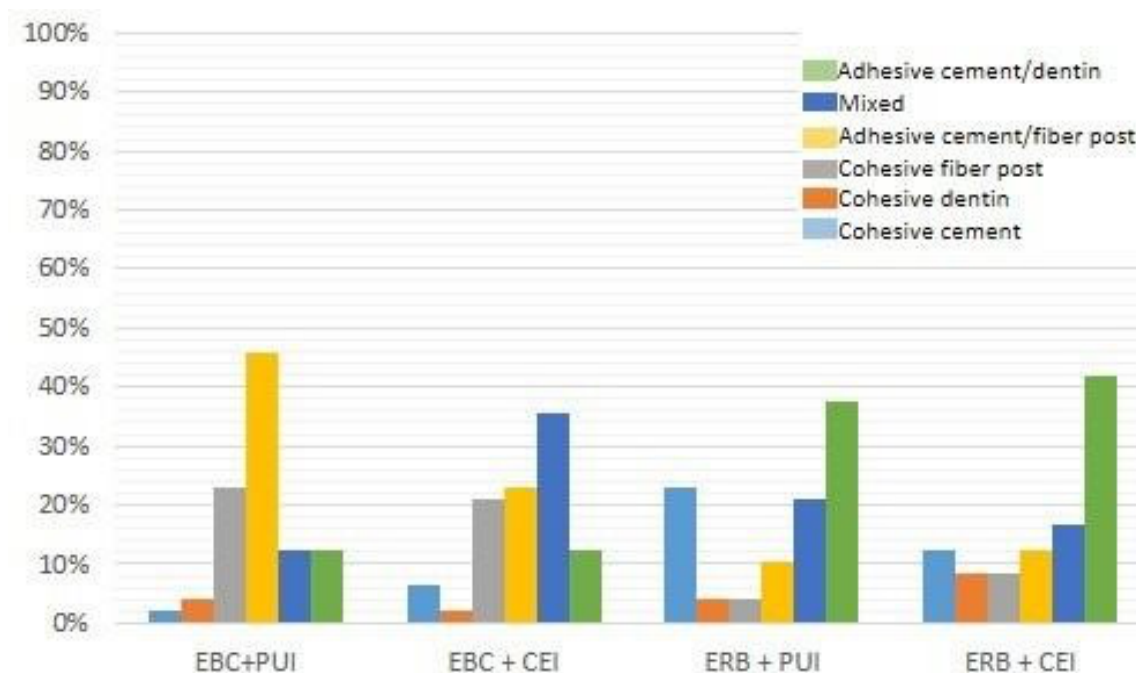
ROOT REGION	EXPERIMENTAL GROUPS				MAIN FACTOR ROOT REGION
	EBC + PUI	EBC + CEI	ERB + PUI	ERB + CEI	
Cervical	4.5 ± 2.1	8.0 ± 1.9	9.8 ± 3.3	9.7 ± 1.9	8.0 ± 3.1 a
Middle	4.0 ± 1.4	6.9 ± 1.7	8.0 ± 1.8	8.2 ± 2.6	6.8 ± 2.5 b
Apical	3.2 ± 1.3	4.4 ± 2.2	5.4 ± 1.6	7.2 ± 1.9	5.0 ± 2.2 c
MAIN FACTOR EXPERIMENTAL GROUP	3.9 ± 1.7 C	6.4 ± 2.4 B	7.7 ± 2.9 AB	8.4 ± 2.3 A	

* EBC – eugenol-based cement; ERB- epoxy resin-based cements; PUI – passive ultrasonic irrigation; CEI – conventional endodontic irrigation

** Different letters (uppercase: comparison of experimental groups; lowercase: comparison between root region) indicate significant differences (p< 0.05).

3.2 Push-out bond strength test fracture pattern

The different fracture patterns after the bond strength test are shown in Graph 1. The adhesive failure between resin cement and root dentin was predominant in the groups where ERB was used. The mixed failure mode was present in all groups, being more predominant in EBC + CEI group. The adhesive failure mode between resin cement and fiberglass post was superior only in EBC + PUI group.

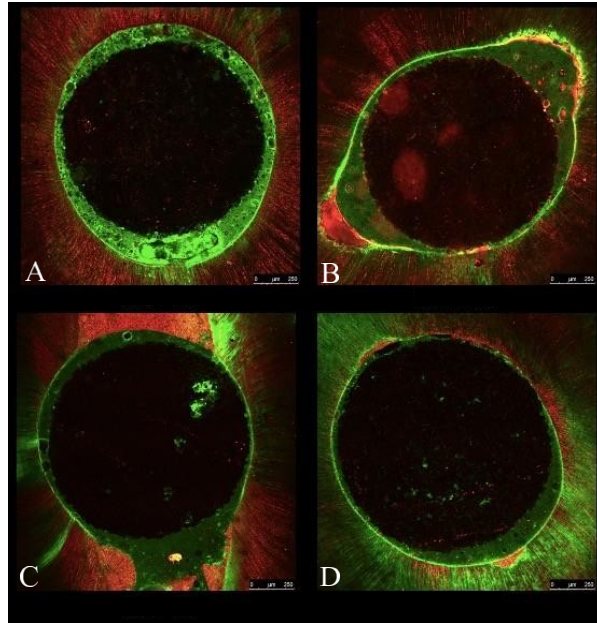


Graphic 1. Failure mode distribution

3.3 Confocal microscopy analysis

The images from the confocal laser microscopy evaluation showing the penetration of endodontic cements (red) into the dentinal tubules of each experimental group in their different root thirds and the presence of endodontic cement at the interface of the post and self-adhesive resin cement (green) with the dentin are shown in figure 3. The EBC + PUI group showed a higher prevalence of possible contamination from endodontic cement at the post/dentin interface.

CERVICAL REGION



MEDIUM REGION

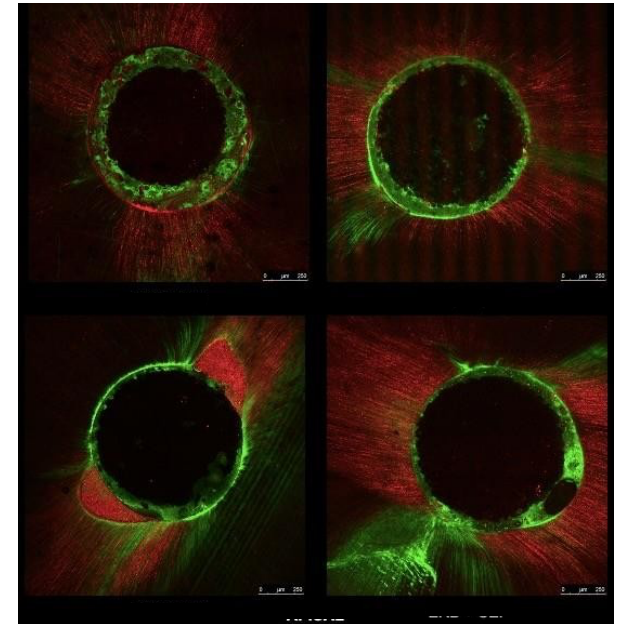
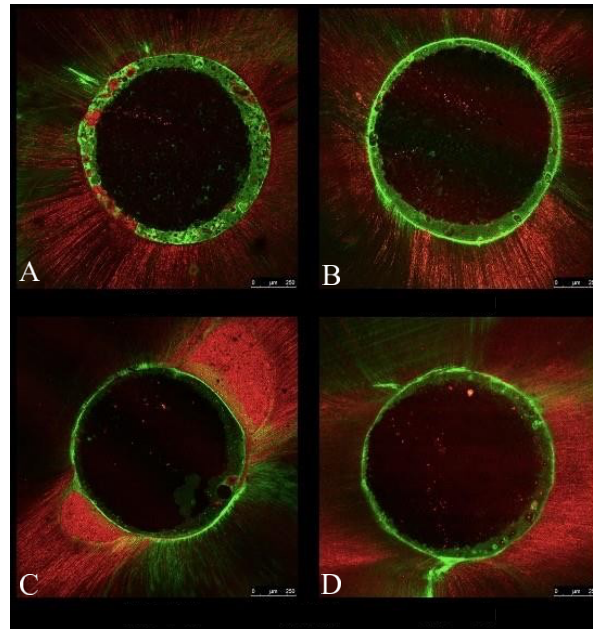


Figure 3. **A** – Group EBC + PUI; **B** - Group EBC + CEI; **C** - Group ERB + PUI and **D** - Group ERB + CEI (EBC – eugenol-based cement; ERB- epoxy resin-based cements; PUI – passive ultrasonic irrigation; CEI – conventional endodontic irrigation).

4. Discussion

Removal of debris and smear layer is an important aspect during the treatment of the root canal system.²² New endodontic instruments have been introduced in recent years in order to provide safer and more efficient modeling of the canals, however, about 50% of the canal walls remain without effective treatment only with the mechanical action of the instruments.³⁵ At the same time, the instrumentation of the root canal promotes an accumulation of debris³⁵ that can hinder the effective sealing of the obturation.¹⁶ Thus, the irrigation of root canals through substances with tissue dissolution potential, antimicrobial action, and irrigant activation are decisive for a complete disinfection of the canal.⁵³

In the present study, the root canals were prepared by standardizing an apical enlargement of 45 diameter and 0.05 taper, using Wave One Gold reciprocating instruments. The diameter of the apical enlargement is still under discussion, as several studies confirm a more effective cleaning combined with increased apical preparation.^{42, 43} However, a larger diameter may provide greater chances of iatrogenic events, such as apical transport or perforation.¹⁴ Thus, the preparation in this study was carried out in order to achieve an acceptable balance between apical enlargement, cleaning efficiency and the risk of accidents.

Conventional needle irrigation is widely used in endodontic treatment. In this method, the contact between the irrigating solution and the apical third is reduced because the irrigant reaches only 1.5 to 2.0 mm beyond the needle tip.^{10, 53} In addition, during conventional needle irrigation, air can become trapped in any third of the root, which is known as the vapor lock effect. This effect limits the contact of the solution with the entire surface of the root canal.^{10, 50, 57} Thus, various techniques and devices have been developed to provide more effective irrigation.^{8, 39, 57}

Several studies demonstrate the importance to activate the irrigating solutions in order to achieve a good cleaning of the smear layer, usually composed of organic and inorganic tissues.^{8, 39, 57} One of the activation methods is known as passive ultrasonic irrigation (PUI), which activates irrigation through micro-vibrations at ultrasonic frequencies (25 to 30 kHz) with a stainless-steel instrument that does not touch the canal walls. It has been reported in the literature that PUI favors the removal of endodontic biofilms, thus improving the action of irrigants along the dentinal tubules.^{4, 7} This endodontic biofilm limits the penetration of irrigants from intracanal medications and endodontic cements into the dentinal tubules, negatively

affecting the adaptation of the cements to the canal walls.⁵⁶ The lack of adhesion may favor microleakage after filling and, as a consequence, cause endodontic treatment failure.⁴

Self-adhesive resin cements do not require pre-treatment of root dentin, providing a simpler cementation process.⁵² The cementation mechanism of these resin cements depends on chemical bonding and micromechanical retention.⁶⁰ During post cementation, the bond between the resin cement and root dentin can be affected by the type of endodontic cement used to fill the root canal and, consequently, interfere with post retention.⁵¹ Eugenol-based cements are still widely used among dentists, academics and researchers due to their extensive history of use.^{18,31} Several comparative studies have shown that cements containing eugenol in their formulation have the ability to interfere at the polymerization process of resin cements, causing a negative effect on the bond strength of posts.^{12, 51} In contrast, Davis et al. (2007)¹⁵ demonstrated that endodontic cements containing or not eugenol had similar effects on the retention of posts cemented with resin cement, where the cements do not penetrate deeply into the dentinal tubules.

An alternative to endodontic cements that contain eugenol in their composition are cements based on epoxy resin, such as AH Plus. Cements based on epoxy resin are considered by researchers as "gold standard" when compared to all other cements and root canal filling materials.¹¹ Reyhani et al., (2016)⁴¹ demonstrated that the type of cement used in the filling of the canals can affect the bond strength of the fiberglass posts cemented with resin cement, corroborating our study, where the canals that had activation of irrigating solutions and were filled with AH Plus cement showed superior bond strength compared to canals filled with EndoFill, possibly due to the interaction of eugenol in the setting reaction of the resin cement, because during the manipulation of endodontic cement based on eugenol (powder and liquid) it produces a zinc eugenolate matrix formed by a chelating reaction.⁴⁵

To evaluate the bond strength, the push-out test was performed. Bond strength can be measured using different techniques, including conventional shear, microtensile, pull-out and push-out tests at the interfaces, however, the push-out test, which uses a shear stress at the interfaces, represents the conditions clinics.⁴¹ Although conventional shear and microtensile tests are widely used, the push-out test provides a better assessment of the post's resistance to displacement, in addition to being safer due to the absence of premature failure and diversity in the data distribution.³⁸

To visualize the penetration depth of endodontic cements in the dentinal tubules confocal laser microscopy was used.¹⁹ For confocal laser microscopy analysis, a fluorescent dye is required to allow the cement to be visible. Previous studies have reported that RhodamineB does not change the physical properties of cement.^{24, 46} Therefore, Rhodamine B was added to cements to show its penetration into dentinal tubules through confocal microscopy at laser.

The use of protocols that activate the irrigating substances makes the dentinal tubules cleaner, free from debris and from the smear layer, consequently, the endodontic cement penetrates deeper into the tubules. Therefore, due to the adverse effects of self-adhesive resin cements, it is suggested not to use eugenol-based cements in conjunction with passive ultrasonic irrigation in teeth that require intraradicular reinforcement.

Despite the difficulty of reproducing in vitro conditions in vivo, the present study was designed based on several parameters previously established in the literature. Variations such as the temperature of the oral cavity, also the impact of masticatory forces, are factors that were not considered in this in vitro study. Thus, studies analyzing the longevity and quality of these protocols should be encouraged. In addition, new materials and mechanical root canal cleaning devices should be developed and evaluated to clarify the influence of cleaning protocols on bond strength.

5. Conclusion

Considering the adverse effects of eugenol against self-adhesive resin cements and the results of the present study, we suggested that the ultrasonic passive irrigation protocol not be used together with fillings based on eugenol endodontic cements in cases where the use of fiberglass posts is indicated for rehabilitation of the tooth, having as an alternative the use of epoxy resin-based filling cements.

References

1. Ahmad M, Pitt Ford TJ, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod* 1987;13:490–499.
2. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA, Walton AJ. Ultrasonic Debridement of Root Canals: Acoustic Cavitation and Its Relevance. *Int Endod J* 1988;42:391–398.
3. Ahmad M, Roy RA, Kamarudin AG. Observations of acoustic streaming fields around an oscillating ultrasonic file. *Dent Traumatol* 1992;8:189–194.
4. Ahuja P, Nandini S, Ballal S, Velmurugan N. Effectiveness of four different final irrigation activation techniques on smear layer removal in curved root canals: A scanning electron microscopy study. *J Dent (Tehran)* 2014;11:1-9.
5. Akcay M, Arslan H, Durmus N, Mese M, Capar ID. Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study. *Lasers Surg Med* 2016;48:70–76.
6. Akcay M, Arslan H, Mese M, & Sahin NN. The effect of photon-initiated photoacoustic streaming, ultrasonically and sonically irrigation techniques on the push-out bond strength of a resin sealer to the root dentin. *Clin Oral Investig* 2015;19(5):1055-1061.
7. Akman M, Akbulut MB, Aydinbelge HA, Belli S. Comparison of different irrigation activation regimens and conventional irrigation techniques for the removal of modified triple antibiotic paste from root canals. *J Endod* 2015;41:720–724.
8. Andrabi SM, Kumar A, Mishra SK, Tewari RK, Alam S, Siddiqui S. Effect of manual dynamic activation on smear layer removal efficacy of ethylenediaminetetraacetic acid and SmearClear: An in vitro scanning electron microscopic study. *Aust Endod J* 2013;39:131-136.
9. Bender IB, Freedland JB. Adult root fracture. *J Am Dent Assoc* 1983;107:413-9.
10. Bolles JA, He J, Svoboda KK, Schneiderman E, Glickman GN. Comparison of Vibringe, EndoActivator, and needle irrigation on sealer penetration in extracted human teeth. *J Endod* 2013;39:708-711.
11. Brackett MG, Martin R, Sword J, Oxford C, Rueggeberg FA, Tay FR. Comparison of seal after obturation techniques using a polydimethylsiloxane-based root canal sealer. *J Endod*. 2006;32:1188-90.
12. Cecchin D, Farina AP, Souza MA, Carlini-Junior B, Ferraz CC. Effect of root canal sealers on bond strength of fibreglass posts cemented with self-adhesive resin cements. *Int Endod J* 2011;44:314-320.
13. Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J. Endod* 1983;11:475–479.
14. Coldero L, McHugh S, MacKenzie D, Saunders W. Reduction in intracanal bacteria during root canal preparation with and without apical enlargement. *Int Endod J* 2002;35:437–46.
15. Davis ST, O'Connell BC. The effect of two root canal sealers on the retentive strength of glass fibre endodontic posts. *J Oral Rehabil* 2007;34:468-473.

16. De-Deus G, Reis C, Beznos D, de Abranches A, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Limitedability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. *J Endod* 2008;34:1401–1405.
17. Demiryürek EÖ, Külünk Ş, Saraç D, Yüksel G, Bulucu B. Effect of different surface treatments on the push-out bond strength of fiber post to root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:74–80.
18. Demiryurek EO, Kulunk S, Yuksel G, Sarac D, Bulucu B. Effects of three canal sealerson bond strength of a fiber post. *J Endod* 2010;36:497-501.
19. El Hachem R, Le Brun G, Le Jeune B, Pellen F, Khalil I, Abboud M. Influence of the EndoActivator irrigation system on dentinal tubule penetration of a novel tricalcium silicate-based sealer. *Dent J (Basel)* 2018;6:45.
20. Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod* 2009;35:791–804.
21. Heard F, Walton RE. Scanning electronmicroscope study comparing four root canal preparation techniques in small curved canals. *Int Endod J* 1997;30:323–331.
22. Hülsmann M, Peters O, Dummer P. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Top* 2005;10:30–76.
23. Jiang LM, Verhaagen B, Versluis M, Van der Sluis LWM. Evaluation of a Sonic DeviceDesigned to Activate Irrigant in the Root Canal. *J Endod* 2010;36:143–146.
24. Kara Tuncer A, Tuncer S. Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubulepenetration depth and percentage of root canal sealer. *J Endod* 2012;38:860-863.
25. Kennedy WA, Walker WA, Gough RW. Smear layer removal effects on apical leakage.*J Endod* 1986;12:21–27.
26. Kirmali O, Kustarci A, Kapdan A, et al. Effects of dentin surface treatments including Er,Cr:YSGG laser irradiation with different intensities on the push-out bond strength ofthe glass fiber posts to root dentin. *Acta Odontol Scand* 2015;73:380–6.
27. Leduc J, Fishelberg G. Endodontic obturation: a review. *Gen Dent* 2003;51:232–233.
28. Lumley PJ, Walmsley AD, Laird WRE. Streaming patterns produced around endosonicfiles. *Int Endod. J* 1991;24:290–297.
29. Martinho FC, Carvalho CA, Oliveira LD, et al. Comparison of different dentin pre-treatment protocols on the bond strength of glass fiber post using self-etching adhesive.*J Endod* 2015;41:83–7.
30. Michanowicz AE, Michanowicz JP, Michanowicz AM, Czonstkowsky M, & Zullo TP. Clinical evaluation of low-temperature thermoplasticized injectable gutta-percha: A preliminary report. *J Endod* 1989;15:602–607.
31. Mosharraf R, Zare S. Effect of the type of endodontic sealer on the bond strength between fiber post and root wall dentin. *J Dent (Tehran)* 2014;11(4):455-63.
32. Oliveira IV, Maia TS, Zancopé K, Menezes MDeS, Soares CJ, Moura CCG. Can intra- radicular cleaning protocols increase the retention of fiberglass posts? A systematic review. *Braz Oral Res* 2018;32.
33. Orstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod dent traumatol* 1990;6:142–149.

34. Paque F, Ganahl D, Peters O. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. *J Endod* 2009;35:1056–9.
35. Paque F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M. Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *J Endod* 2009;35:1044–1047.
36. Paragliola R, Franco V, Fabiani C, Mazzoni A, Nato F, Tay FR, Breschi L, Grandini S. Final Rinse Optimization: Influence of Different Agitation Protocols. *J Endod* 2010;36:282–285.
37. Peters CA, Barbakow F. Effect of irrigation on debris and smear layer on canal walls prepared by two rotary techniques: a scanning electron microscopic study. *J Endod* 2000;25:6–10.
38. Rahimi S, Ghasemi N, Shahi S, Lotfi M, Froughreyhani M, Milani AS, Bahari M. Effect of blood contamination on the retention characteristics of two endodontic biomaterials in simulated furcation perforations. *J Endod* 2013;39:697–700.
39. Ramamoorthi S, Nivedhitha MS, Divyanand MJ. Comparative evaluation of postoperative pain after using endodontic needle and Endo-Activator during root canal irrigation: A randomised controlled trial. *Aust Endod J* 2015;41:78–87.
40. Rasimick BJ, Wan J, Musikant BL, Deutsch AS. A Review of Failure Modes in Teeth Restored with Adhesively Luted Endodontic Dowels. *J Prosthodont* 2010;19:639–646.
41. Reyhani MF, Ghasemi N, Rahimi S, Milani AS, Omrani E. Effect of Different Endodontic Sealers on the Push-out Bond Strength of Fiber Posts. *Iran Endod J*. 2016;11(2):119.
42. Rodrigues R, Zandi H, Kristoffersen A et al. Influence of the apical preparation size and the irrigant type on bacterial reduction in root canal-treated teeth with apical periodontitis. *J Endod* 2017;43:1058–63.
43. Rollison S, Barnett F, Stevens R. Efficacy of bacterial removal from instrumented root canals in vitro related to instrumentation technique and size. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;94:366–71.
44. Rosenfeld EF, James GA, Burch BS. Vital pulp tissue response to sodium hypochlorite. *J Endod* 1978;5:140–146.
45. Ruiz, L; Mongruel Gomes, G; Bittencourt, B; et al. Effect of root canal sealers on bond strength of fiber posts to root dentin cemented after one week or six months. *Iran Endod J* 2018;13:54–60.
46. Russell A, Friedlander L, Chandler N. Sealer penetration and adaptation in root canals with the butterfly effect. *Aust Endod J* 2018;44:225–234.
47. Saunders WP, Saunders EM. The effect of smear layer upon the coronal leakage of gutta-percha fillings and a glass ionomer sealer. *Int Endod J* 1992;25:245–249.
48. Schilder H. Filling Root Canals in Three Dimensions. *J. Endod* 2006;32:281–290.
49. Suzuki TYU, Gomes-Filho JE, Gallego J, Pavan S, Dos Santos PH, Fraga Briso AL. Mechanical properties of components of the bonding interface in different regions of radicular dentin surfaces. *J Prosthet Dent* 2015;113:54–61.
50. Tay FR, Gu LS, Schoeffel GJ, Wimmer C, Susin L, Zhang K, Arun SN, Kim J, Looney SW, Pashley DH. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-

- vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *J Endod* 2010;36(4):745-50.
51. Teixeira CS, Pasternak-Junior B, Borges AH, Paulino SM, Sousa-Neto MD. Influence of endodontic sealers on the bond strength of carbon fiber posts. *J Biomed Mater Res* 2008;84:430-5.
 52. Toman M, Toksavul S, Sarikanat M, Firidinoglu K, Akin A. The evaluation of displacement resistance of glass FRC posts to root dentine using a thin slice push-out test. *Int Endod J* 2009;42:802-10.
 53. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Investig* 2017;21:2681–2687.
 54. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: A SEM evaluation. *Clin Oral Investig* 2017;21:2681–2687.
 55. Van der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J* 2007;40:415–426.
 56. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - A review. *Int Endod J* 2010;43:2-15.
 57. Virdee SS, Seymour DW, Farnell D, Bhamra G, Bhakta S. Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: A systematic review and meta-analysis. *Int Endod J* 2018;51:605-621.
 58. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod* 1980;6:740–743.
 59. White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials (part II). *J Endod* 1987;13:369–374.
 60. Zicari F, Couthino E, De Munck J, Poitevin A, Scotti R, Naert I, van Meerbeek B. Bonding effectiveness and sealing ability of fiber-post bonding. *Dent Mater* 2008;24:967-977.

ANEXO B – Artigo II

Effect of cleaning the post space in the cementation of fiberglass posts

Murilo Martins Borges^{*a}, Lucas Vinícius Taques^a, Renata Terumi Jitumori^a,
João Carlos Gomes^a, Giovana Mongruel Gomes^a

^a Universidade Estadual de Ponta Grossa, Departamento de Pós-Graduação em Odontologia, Brazil

*Corresponding author. E-mail address: murilo.m.borges@hotmail.com

Abstract

The aim of this study was to evaluate the influence of the conduit cleaning technique after canal preparation to receive the cementation of a fiberglass post (PFV): conventional needle irrigation (control) (IAC), cleaning with a prophylactic brush for conduit (LEP) and cleaning with ultrasonic passive irrigation (PUI) on adhesion of these posts to the root canal (CR). Thirty single-rooted permanent teeth were selected and sectioned perpendicularly to their long axis, immediately below the cemento-enamel junction. After that, the teeth received endodontic treatment following the same protocol. Subsequently, all the conduits were opened for the cementation of the PFV using a drill compatible with the diameter of the selected posts. The teeth were randomly divided into 3 groups (n = 10), one group received conventional irrigation with a needle and 2.5% NaOCl solution, in the second group a prophylactic canal brush with 2.5 NaOCl was used prior to cementation of PFV, in the third group, 2.5 NaOCl was stirred with an ultrasonic insert. After this procedure, the PFV were cemented with a self-adhesive resin cement and the bond strength was evaluated by the push-out test. The bond strength (MPa) data were submitted to 2-way ANOVA (cleaning vs. cementation protocol) and Tukey's test for contrast of means ($\alpha=0.05$). The different fracture patterns were only qualitatively evaluated. The cross-product interaction (experimental group vs root region) was not significant (p = 0.360). Root region as the main factor was not significantly different. However, when evaluating the experimental groups, higher bond strength values can be observed for the control group (conventional needle Irrigation) and Rotating brush group, which were statistically superior to PUI group (passive ultrasonic irrigation). In this way, this can be considered by the effects that ultrasonic agitation promotes on NaOCl.

1. Introduction

The most common type of failure with fiberglass posts in root canal occurs at the adhesive interface,^{6, 17} generally, between root dentin and resin cement.^{19, 20} Several factors can affect micromechanical retention, e.g. the presence of endodontic cement and gutta-percha residues on the root canal walls after preparation of the canal, prior to cementing the fiberglass post.

The adhesion mechanism at root canal walls is based on the hybridization of demineralized surface and formation of resin tags along adhesive side branches.²⁶ Therefore, the cleaning of the post space, together with the smear layer removal, favors the formation of resin tags in the dentinal tubules, thus, increases the retention of the restorative material.^{12, 30}

The adhesion mechanism of self-adhesive resin cements is based on micromechanical retention and chemical bonding between the cementing agent and the dental substrate.³⁴ The low pH of cement is sufficient to promote hybridization with the dental structure.¹⁸ In order to achieve a good adhesion, the removal of smear layer is essential for penetration of resin cement into the dentinal tubules, making root canal irrigation essential to eliminate debris and bacteria from the system.²⁶

Traditionally in endodontic treatments, the root canal irrigation is a fundamental part of biomechanical preparation, especially in removal of debris and intracanal decontamination. In this way, different techniques have been developed. These techniques are observed in literature for removing more effectively the debris and microorganisms that form the smear layer present in the root canal. The effective removal of smear layer positively affects the adhesion of resin cement to dentin in cementation of fiberglass posts. Studies show that substances such as 2.5% sodium hypochlorite (NaOCl) and 17% ethylenediaminetetraacetic acid solution (EDTA) are able to remove the smear layer from the root canal.^{14, 31} It doesn't just depend on concentration, time of use as well as temperature and pH are important questions.³¹

For the removal of debris and the smear layer, different irrigation protocols can be used to prepare the root canal before receiving the post.^{2, 10, 28} Among the alternatives for irrigation prior to post cementation, ultrasound and specific inserts can be used to activate the irrigating substance, they are able to increase cement penetration by

removing

all residues from the canal preparation more effectively.³⁰ Another alternative is the use of intracanal brushes associated with irrigating solutions.^{1, 33} Direct contact with the tooth surface removes easily the plasticizing debris from filling materials.^{24, 33}

Cleaning the root canal prior to fiberglass post cementation is very important. Thus, aiming to increase the adhesion of the posts close to the root canal, the objective of this study was to use and evaluate three different protocols for cleaning the conduit prepared prior to cementation, through the bond strength test.

2. Materials and methods

2.1. Teeth selection

This study was approved by the local ethics committee. Thirty single-rooted teeth without fissures, carious lesions, fractures, and resorption were selected. The teeth were randomly distributed into three experimental groups according to the protocol for final cleaning of the post space prior to the cementation of the fiberglass post: (1) passive ultrasonic irrigation, (2) prophylactic brush for canals and (3) conventional irrigation with needle (Figure 1).

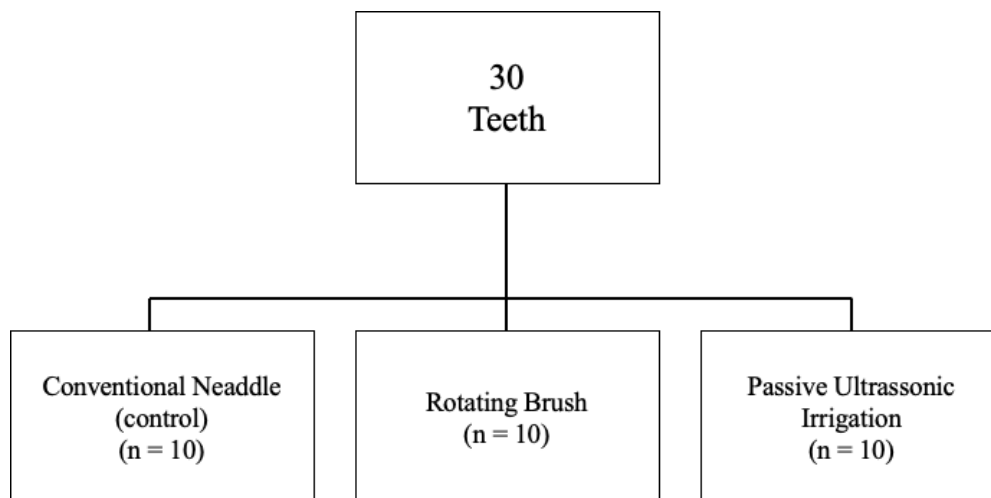


Figure 1 - Division of experimental groups

2.2. Endodontic treatment

The teeth were sectioned perpendicularly to their long axis, immediately below the cemento-enamel junction, with a diamond disc mounted on an ISOMET 1000 cutting machine (Buehler, Lake Bluff, IL, USA) at a speed of 300 rpm under constant water cooling, in order to create an access to the root canal. The length of the roots was measured with a millimeter ruler.

The canals exploration was carried out with K #10 files, associating a 1% NaOCl solution (Asfer, Indústria Química Ltda, São Caetano do Sul, SP, Brazil) for suspension of organic matter. The prepare was carried out with reciprocating movements in a motor (VDW SILVER - VDW, Munich, Bavaria, Germany) with heat-treated nickel-titanium files (WaveOne Gold - Dentsply Sirona, Ballaigues, Vaud, Switzerland) following the sequence: small: 20.07; primary: 25.07; medium: 35.06 and large: 45.05, as shown in Figure 2. During instrumentation, the canals were irrigated with 2 mL of 1% NaOCl. After root canal preparation, it was filled with 2 mL of 1% NaOCl, which was activated with an E1 - Irrisonic tip (Helsê Ultrasonic, São Paulo, SP, Brazil) for one minute with passive irrigation, for 1 min with passive irrigation, placing the ultrasonic tip 2 mm from the apex at a power of 10%. Then, a final irrigation was performed with 2 mL of 17% EDTA (Biodinâmica Química e Farmacêutica Ltda, Ibioporã, PR, Brazil) for 1 min to remove the smear layer, with activation. Lastly, all the canals were washed with saline solution, dried with absorbent paper point and filled by single cone technique (Gutta-percha WaveOne – Large- Dentsply Sirona, Ballaigues, Vaud, Switzerland) with AhPlus endodontic cement (Dentsply Sirona, Ballaigues, Vaud, Switzerland). The root canal entrance was sealed with conventional glass ionomer cement (GIC) (Vitro Fil, DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brazil) and the roots were stored in relative humidity with distilled water at 37 °C for 7 days. The composition of the endodontic cement and resin cement used in the study are described in Table 1.

Table 1 - Material/manufacturer and composition of materials used in the research

Material/ Manufacturer	Composition
---------------------------	-------------

AhPlus Dentsply Sirona	/	Paste A (amber color): Bisphenol-A epoxy resin, bisphenol-F epoxy resin, calcium tungstate, zirconium oxide, silica and iron oxide pigments. Paste B (white color): Dibenzylamine, aminoadamantane, tricyclodecane-diamine, calcium tungstate, zirconium oxide, silica and silicone oil.
------------------------------	---	---

RelyX U200 / 3M ESPE		Glass powder, surface modified with 2-propenoic, 2-methyl-3-(trimethoxysilyl)propyl and phenyltrimethoxysilane, 2-propenoic acid, 2-methyl-, 1,1'-[1-(hydroxymethyl)-1,2-ethanediyl] ester, reaction products with 2-hydroxy-1,3-propanedioldimethacrylate and phosphorus oxide, triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA), silane treated silica, chemical glass oxides (non-fibrous), sodium persulfate, tert. butyl 3,5,5-trimethyl peroxyhexanoate, acetic acid, silica copper (2+) monohydrate
-------------------------	--	--

2.3. Cleaning protocols

The post spaces were prepared with the drill corresponding to the fiberglass post provided by the manufacturer (Exacto #1, Angelus, Londrina, PR, Brazil). After that, each group received a different cleaning protocol: (1) 4 mL of 2.5% NaOCl in passive ultrasonic irrigation (PUI) with an E1 – Irrisonic insert (Helsê Ultrasonic, São Paulo, SP, Brazil) following the protocol of three activations of 20 s each and then washed with 4 mL 2.5% NaOCl; (2) using a rotating brush (MK Life, Porto Alegre, RS, Brazil) in a low-speed micromotor following the protocol of three activations of 20 s each and then irrigated with 4 mL of 2.5% NaOCl; and (3) cleaning was performed with 4 mL of 2.5% NaOCl in a conventional irrigation syringe (Ultradent, Indaiatuba, SP, Brazil) and an Endo-Eze needle (Ultradent, Indaiatuba, SP, Brazil).

2.4. Cementation the posts

Subsequently, the fiberglass posts (Exacto #1, Angelus) were cemented with a self-adhesive resin cement RelyX U200 (3M ESPE, Sumaré, SP, Brazil) following the manufacturer's recommendations. For this purpose, before starting the cementation procedures, the fiberglass posts were transversally sectioned using a double-sided diamond disc (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brazil) under constant water cooling, resulting in a length of 13 mm, in this way, 10 mm of the post reached the root working length, and the other 3 mm served as a guide for the distance of the light curing device during the light curing procedures of the specimens. Thus, in addition to standardizing the photoactivation distance, it was possible to verify the complete seating of the posts in the prepared conduits (10 mm).

Also prior to the cementation procedure, the fiberglass posts were cleaned with 70% alcohol for 5 s and dried with air jets according to the manufacturer's specification, followed by the application of silane (Angelus, Londrina, PR, Brazil) and after 1 min they were gently air dried. All light curing steps in this study were carried out with a light curing device (Bluephase N, Ivoclar, Liechtenstein) with a light intensity of 1200 mW/cm². After the cementation procedures, the exposed posts were covered with conventional GIC (Vitro Fil, DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brazil), and all roots were stored in distilled water at 37 ± 1 °C for one week.

2.5. Sample preparation

After the cementation procedures, all roots were stored in 100% relative humidity at $37 \pm 1^\circ\text{C}$ for 24 h. The roots were transversally sectioned into seven 1-mm-thick slices using a low-speed diamond saw (Isomet, Buehler) under water cooling. The first coronal slice was discarded due to the presence of excess cement, resulting in two slices for each root canal third (apical, middle, coronal). The coronal side of each slice was identified, and its thickness measured using a digital caliper with 0.01-mm accuracy (Mitutoyo Digimatic Caliper; Tokyo, Japan).

2.6. Push-out bond strength test

The 30 roots were fixed with sticky wax (Asfer, São Caetano do Sul, SP, Brazil) and then sectioned perpendicularly to its long axis using a low-speed diamond saw under water cooling (ISOMET 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, USA). Six slices with 1 ± 0.1 mm thick were obtained and verified with a 0.01 mm precision digital caliper (Mitutoyo Digimatic Caliper, Tokyo, Japan). The slices were distributed in two for coronary, two for middle and two for apical third. Before the push-out test, all slices were photographed on both sides at 40X magnification under an optical microscope (Olympus, model BX 51, Olympus, Tokyo, Japan) to measure coronary and apical diameters and diameters of the internal area in order to calculate the adhesive area for each slice obtained. This measurement was performed using Image J Software (National Institutes of Health, Bethesda; Maryland, USA).

Each slice was submitted to the push-out test and was positioned in a metallic device with a small central opening, with its most coronal portion facing downwards, so that the load exerted a constant compressive force in the apical-coronal direction until promoting the intraradicular post displacement. Metal cylindrical tips (actuators) were designed corresponding to the diameter of the tested post. The actuator was positioned in the center of each fragment of the post so that the tip of the load applicator touched only the area of the post, without forcing the side walls of the root canal. The test was performed on a universal testing machine (INSTRON Corp, Canton, MA, USA) with a 50 kg load cell at a cross-head speed of 0.5 mm/min until the post was displaced. Then, the value of the load was recorded in Newtons (N), being converted to

MPa, dividing the value of the load (N) by the value of the adhesive area (mm²). To calculate the adhesive area (SL), the formula for the lateral surface of a truncated cone was used:

$$SL = \pi(R + r)[h^2 + (R - r)^2]^{0.5}$$

Where:

π is the constant 3.1416;

R represents the coronal radius of the post + cement/resin

(mm); r represents the apical radius of the post + cement/resin

(mm);

h represents the thickness of the specimens (mm).

2.7. Analysis of fracture pattern

After the push-out test, each specimen was analyzed under an optical microscopy (Olympus, model BX 51, Olympus, Tokyo, Japan) with 40X magnification to classify fracture patterns: A - adhesive fracture between resin cement and root dentin, B - adhesive fracture between resin cement and glass fiber post, C - fiber post cohesive fracture, D - cohesive resin cement fracture, E - cohesive root dentin fracture, and F - mixed fracture (when more than one type of fracture is present).

2.8. Statistical analysis

The bond strength (MPa) data were submitted to 2-way ANOVA (cleaning vs. root region) and Tukey's test for contrast of means ($\alpha = 0.05$). The different fracture patterns were evaluated only qualitatively. All calculations were performed using the Sigma Plot statistical program (version 12.0, Systat Software Inc., San Jose, California, USA).

3. Results

3.1 Push-out bond strength

Results for the push-out bond strength test are shown in Table 2. Two-way ANOVA demonstrated that the cross-product interaction (experimental group vs root region) was not significant ($p = 0.360$). Root region as the main factor was not significantly different ($p = 0.165$). However, when evaluating the experimental groups, higher bond strength values can be observed for the control group (conventional needle Irrigation) and ROTATING BRUSH group, which were statistically superior to PUI group (passive ultrasonic irrigation ($p < 0.05$)).

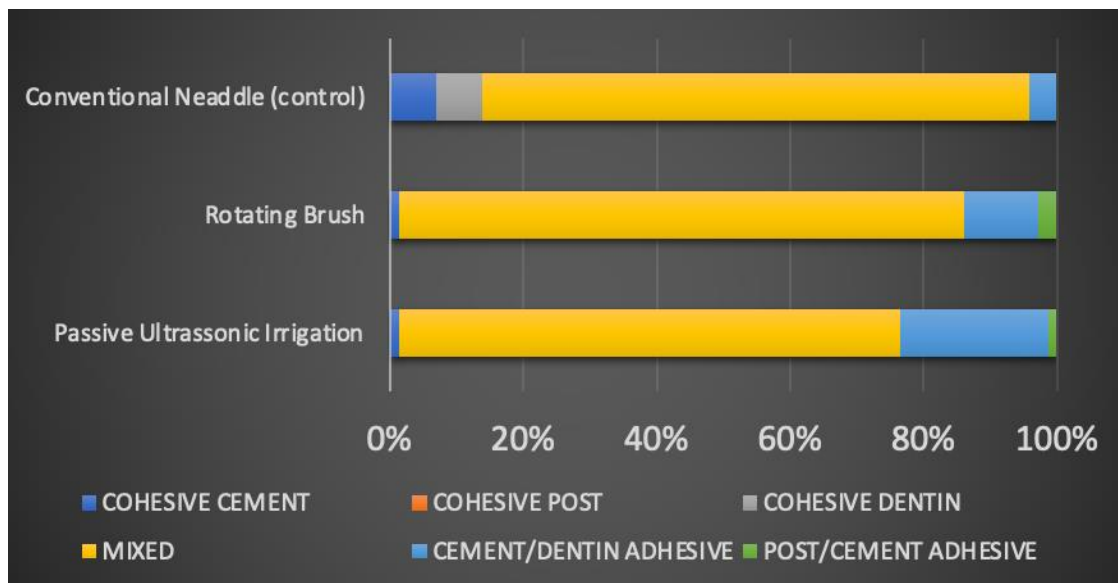
Table 2. Means and standard deviations of bond strength (MPa) for the different experimental groups

ROOT REGION	EXPERIMENTAL GROUPS			MAIN FACTOR ROOT REGION
	CONVENTIONAL NEADDLE (CONTROL)	ROTATING BRUSH	PASSIVE ULTRASSONIC IRRIGATION	
Cervical	9.6 ± 2.4	9.4 ± 1.1	7.7 ± 2.0	8.8 ± 2.0 a
Middle	10.4 ± 1.7	8.3 ± 2.2	6.8 ± 2.2	8.5 ± 2.5 a
Apical	10.1 ± 2.4	9.8 ± 2.8	8.5 ± 2.1	9.4 ± 2.4 a
MAIN FACTOR EXPERIMENTAL GROUP	10.0 ± 2.2 A	9.2 ± 2.1 A	7.7 ± 2.2 B	

*Different letters (uppercase: comparison of experimental groups; lowercase: comparison between root region) indicate significant differences (p< 0.05)

3.2. Push-out bond strength test fracture pattern

The different fracture patterns after the bond strength test are shown in Graph 1. Mixed fracture was the most prevalent in all groups. In the control group, the fracture between the post and the resin cement did not occur. Cohesive root dentin fracture was restricted to the control group.



Graphic 1. Failure mode distribution

4. Discussion

In the present study, RelyX U200 was used as a self-adhesive resin cement, which chemically interacts with calcium from hydroxyapatite.³ This interaction is the result of the chelation of calcium ions by acidic groups.¹³ The NaOCl removes organic components and inorganic components demineralized with EDTA hydroxyapatite.³ Renovato et al. (2013)²³ investigated the effect of irrigating solutions on the retention of fiberglass posts cemented with self-adhesive resin cement (RelyX Unicem). According to their results, irrigating solutions of EDTA and NaOCl reduced the bond strength, being in agreement with our results.

The manufacturer from RelyX U200 suggests the NaOCl solution to irrigate the space of conduits prepared before fiber post cementation. However, the criteria used to choose this irrigant remain unclear. A recent study showed that space irrigation with 2.5% NaOCl did not promote better bond strength when compared to other alternative treatments.¹⁶ However, Barreto et al. (2016)⁴ demonstrate higher bond strength values

using saline solution and 2.5% NaOCl with passive ultrasonic irrigation (PUI), they recommend these solutions for cleaning the space prepared prior to the cementation of fiberglass posts using self-adhesive cement.⁴

In order to seek a quality dentin surface, cleaning protocols are suggested for canal space preparation prior to the cementation of a retainer.^{8, 29} In these protocols, in addition to auxiliary chemical substances, the mechanical action of rotating instruments is of great importance.⁹ Besides mechanical action, the irrigating solutions can have a negative reaction together with resin cement monomers, affecting the degree of conversion and consequently the adhesion to dentin.^{5, 27} The NaOCl interacts with free radicals in the polymerization chain, being dissociated into sodium hydroxide and hypochlorous acid, thus, the formation of singlet oxygen will create a barrier at the adhesive interface, reducing the quality of adhesion and consequently decreasing the bond strength.^{5, 21}

The cleaning potential of passive ultrasonic irrigation (PUI) implies a more effective removal of debris, microorganisms and organic tissue from the root canal walls.³² During ultrasonic irrigation, different processes can occur when NaOCl is used as an irrigant. The NaOCl can decompose and partially split into sodium cation (Na^+), hypochlorite anion (ClO^-), sodium hydroxide (NaOH), hypochlorous acid (ClOH), chlorine (Cl_2), oxygen (O) or sodium chlorate (NaCl).³¹ During cavitation, oscillating bubbles are formed in the irrigant containing the dissolved gas, when the bubble is in the expansion phase, the gas diffuses into the bubble; conversely, when the bubble is in the compression phase, the gas diffuses out of the bubble.¹¹ Bubbles can transport gas during cavitation and may have an effect on propagation of chlorine through the irrigant.³¹ Therefore, the use of cleaning substances that leave a layer rich in oxygen should be avoided, as this interferes by inhibiting the polymerization of resins.²⁵

In this study, the lowest values of bond strength of the posts evaluated occurred after cleaning the root canal with passive ultrasonic irrigation, combined with 2.5% NaOCl. The PUI has been criticized for not improving the cleaning ability of irrigating solutions such as EDTA and NaOCl.¹⁵ However, the PUI can be used with distilled water. Previous studies have shown that agitation of irrigating solutions can efficiently clean the post space.²⁸ (Serafino et al., 2006). Therefore, mechanical cleaning protocols using distilled water can avoid the presence of free radicals that could interfere at resin cements.²

Root canal preparation prior to cementation of fiberglass posts using burs promotes the formation of endodontic material debris and also dentin, being difficult to

remove especially when they are in the dentinal tubules.⁹ Therefore, an efficient dentin cleaning protocol may require a mechanical action without the use of chemical substances.⁹

Anatomical conditions of the root canal; smear layer removal; visibility; irrigation solution; time and temperature; difficulties of polymerization of resin cements in the most apical regions are intrinsic conditions to the fiberglass post cementation technique. Although in vitro studies have their limitations, randomized clinical trials are essential to propose protocols in intraoral clinical conditions.

5. Conclusion

After post space preparation, cleaning the dentin surface with a prophylactic brush in continuous motion and with conventional needle irrigation produced better bond strength of the cement to the root dentin. However, ultrasonic agitation promoted worse results when compared to the other groups. This can be considered by the effects that ultrasonic agitation promotes on NaOCl. The use of neutral irrigating substances can be suggested to act in conjunction with mechanical surface cleaning protocols.

References

1. Akcay M, Arslan H, Mese M, & Sahin NN. The effect of photon-initiated photoacoustic streaming, ultrasonically and sonically irrigation techniques on the push-out bond strength of a resin sealer to the root dentin. *Clin Oral Investig* 2015;19(5):1055-1061.
2. Alencar, C. M.; Verbicário Dos Santos, Jre; Jassé, Ffa; et al. Protocols for Mechanical Cleaning of the Post Space on the Bond Strength Between Root Dentin and Cementation System. *Oper Dent* 2021;46:467–475.
3. Arslan, Hakan; Akcay, Merve; Saygili, Gokhan; et al. Bond strength of self-adhesive resin cement to root dentin. Comparison of photon-initiated photoacoustic streaming technique with needle and ultrasonic irrigation. *Acta Odontol. Scand* 2015;73(5):348–352.
4. Barreto, M. S.; Rosa, R. A.; Seballos, V. G.; et al. Effect of intracanal irrigants on bond strength of fiber posts cemented with a self-Adhesive resin cement. *Oper Dent* 2016;41(6):159–167.
5. Belizário, L. G., Kuga, M. C., Castro-Núñez, G. M., Escalante- Otárola, W. G., So, M. V. R., & Pereira, J. R. Effects of different peracetic acid formulations on post space radicular dentin. *J Prosthet Dent* 2018;120(1):92–98.
6. Bitter K, Eirich W, Neumann K, et al. Effect of cleaning method, luting agent and preparation procedure on the retention of fibre posts. *Int Endod J* 2012;45:1116–26.
7. Bitter K, Kielbassa AM. Post-endodontic restorations with adhesively luted fiber reinforced composite post systems: a review. *Am J Dent* 2007;20:353–60.
8. Bitter, K., Polster, L., Askar, H., von Stein-Lausnitz, M., & Sterzenbach, G. Effect of final irrigation protocol and etching mode on bond strength of a multimode adhesive in the root canal. *J Adhes Dent* 2017;19:245–252.
9. Castro-Núñez, Gabriela Mariana; Dos Santos, José Rodolfo Estruc Verbicário; Zaniboni, Joissi Ferrari; et al. Effect of mechanical cleaning protocols in the fiber post space on the adhesive interface between universal adhesive and root dentin. *Microsc. Res. Tech* 2022;85(6):2131–2139.

10. Coniglio, Ivanovic; Magni, Elisa; Goracci, Cecilia; et al. Post Space Cleaning Using a New Nickel Titanium Endodontic Drill Combined with Different Cleaning Regimens. *J Endod* 2008;34(1):83–86.
11. Crum, Lawrence; Roy, Ronald. Sonoluminescence. *Science* 1994;266(1):233- 234.
12. Demiryürek EÖ, Külünk Ş, Saraç D, Yüksel G, Bulucu B. Effect of different surface treatments on the push-out bond strength of fiber post to root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:74–80.
13. Gerth HU, Dammaschke T, Zuchner H, Schafer E. Chemical analysis and bonding reaction of RelyX Unicem and Bifix composites a comparative study. *Dent Mater* 2006;22:934–41.
14. Goel, Shweta; Tewari, Sanjay. Smear layer removal with passive ultrasonic irrigation and the NaviTip FX: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108(3):465–470.
15. Hülsmann, M., Heckendorff, M., & Lennon, A. Chelating agents in root canal treatment: Mode of action and indications for their use. *Int Endod J* 2003;36(12):810–830.
16. Jitumori, R.E.; Bittencourt, B.R.; Reis, A.; et al. Effect of root canal irrigants on fiber post bonding using self-adhesive composite cements. *J Adhes Dent* 2019;21(6):537–544.
17. Kirmali O, Kustarci A, Kapdan A, et al. Effects of dentin surface treatments including Er,Cr:YSGG laser irradiation with different intensities on the push-out bond strength of the glass fiber posts to root dentin. *Acta Odontol Scand* 2015;73:380–6.
18. Manso, Adriana P.; Silva, Nelson R.F.A.; Bonfante, Estevam A.; et al. Cements and adhesives for all-ceramic restorations. *Dent. Clin. North Am* 2011;55(2):311–332.
19. Oliveira IV, Maia TS, Zancopé K, Menezes MDeS, Soares CJ, Moura CCG. Can intra-radicular cleaning protocols increase the retention of fiberglass posts? A systematic review. *Braz Oral Res* 2018;32.

20. Rasimick BJ, Wan J, Musikant BL, Deutsch AS. A Review of Failure Modes in Teeth Restored with Adhesively Luted Endodontic Dowels. *J Prosthodont* 2010;19:639–646.
21. Ramos, A. T. P. R., Garcia Belizário, L., Venção, A. C., Jordão- Basso, K. C. F., de Souza Rastelli, A. N., de Andrade, M. F., & Kuga, M. C. Effects of photodynamic therapy on the adhesive interface of fiber posts cementation protocols. *J Endod* 2018;44(1):173–178.
22. Ramos, A., Belizário, L. G., Jordão-Basso, K. C. F., Shinohara, A. L., & Kuga, M. C. Effects of photodynamic therapy on the adhesive interface using two fiber posts cementation systems. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2018;24:136-141.
23. Renovato SR, Santana FR, Ferreira JM, Souza JB, Soares CJ, Estrela C. Effect of calcium hydroxide and endodontic irrigants on fibre post bond strength to root canal dentine. *Int Endod J* 2013;46:738–46.
24. Roggendorf MJ, Kraus F, Lohbauer U, Frankenberger R, Petschelt A, & Ebert J. Apical debris removal of Canal Brushes with different tip modifications. *Quintessence Int* 2015;46(1):853-860.
25. Schwartz, R. S. Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: Bond- ing in the root canal system-the promise and the problems: A review. *J Endod* 2006;32(12):1125–1134.
26. Scotti N, Scansetti M, Rota R, et al. Active application of liquid etching agent improves adhesion of fibre posts to intraradicular dentine. *Int Endod J* 2013;46:1039–45.
27. Seballos, Vivian Gehm; Barreto, Mirela Sangoi; Da Rosa, Ricardo Abreu; et al. Effect of post-space irrigation with NaOCL and CaOCL at different concentrations on the bond strength of posts cemented with a self-adhesive resin cement. *Braz Dent J* 2018;29(5):446–451.
28. Serafino, C., Gallina, G., Cumbo, E., Monticelli, F., Goracci, C., & Ferrari, M. Ultrasound effects after post space preparation: An SEM study. *J Endod* 2006;32(6):549–552.
29. Spicciarelli, V., Ounsi, H. F., Ferrari, M., Corsentino, G., Marruganti, C., & Grandini, S. Push-out bond strength of fiber posts cemented using new universal

adhesives on etched and nonetched Intraradicular dentin. *J. Contemp. Dent. Pract* 2020;21(1):91–96.

30. Suzuki TYU, Gomes-Filho JE, Gallego J, Pavan S, Dos Santos PH, Fraga Briso AL. Mechanical properties of components of the bonding interface in different regions of radicular dentin surfaces. *J Prosthet Dent* 2015;113:54–61.
31. Van Der Sluis, L. W.M.; Gambarini, G.; Wu, M. K.; et al. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J* 2006;39(6):472–476.
32. Van der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J* 2007;40:415–426.
33. Zmener O, Pameijer CH, Serrano SA, Palo RM, & Iglesias EF. Efficacy of the NaviTip FX irrigation needle in removing post instrumentation canal smear layer and debris in curved root canals. *J Endod* 2009;35(9):1270-1273.
34. Zicari F, Couthino E, De Munck J, Poitevin A, Scotti R, Naert I, et al. Bonding effectiveness and sealing ability of fiber-post bonding. *Dent Mater* 2008;24:967-77.

**ANEXO C – Aprovação do projeto pela Comissão de Ética em Pesquisa
(COEP) em seres humanos da Universidade Estadual de Ponta Grossa
(UEPG)**

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Influência do protocolo de irrigação endodôntica e do cimento endodôntico na adesão de pinos de fibra de vidro ao canal radicular

Pesquisador: Giovana Mongruel Gomes

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 01749218.4.0000.0105

Instituição Proponente: Universidade Estadual de Ponta Grossa

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.991.268

Apresentação do Projeto:

Projeto de Pesquisa:

Influência do protocolo de irrigação endodôntica e do cimento endodôntico na adesão de pinos de fibra de vidro ao canal radicular. Espera-se com os resultados dessa pesquisa verificar se a limpeza final do canal radicular com emprego de ultrassom para ativar a substância auxiliar, que, já comprovado cientificamente, faz penetrar mais material obturador nos túbulos dentinários, influencia na adesão dos pinos de fibra de vidro, tendo em vista que quanto mais se penetra material obturador nos túbulos, mais difícil será a sua remoção no preparo pré-cimentação dos pinos

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Avaliar a influência do protocolo de irrigação endodôntica (final) e do cimento endodôntico na adesão de pinos de fibra de vidro ao canal radicular.

Objetivo Secundário:

Avaliar a profundidade de penetração de diferentes cimentos endodônticos (à base de eugenol e à base de resina epóxica) nos túbulos dentinários através de microscopia confocal após diferentes protocolos de irrigação final: irrigação

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvararanas, Bloco M, Sala 116-B
Bairro: Uvaranas **CEP:** 84.030-900
UF: PR **Município:** PONTA GROSSA
Telefone: (42)3220-3108 **E-mail:** coep@uepg.br

Continuação do Parecer: 2.991.268

convencional com agulha (IC) e irrigação passiva ultrassônica (PUI). Avaliar a profundidade de penetração do cimento resinoso nos túbulos dentinários após a cimentação de pinos de fibra de vidro por meio de microscopia confocal e correlacionar com a profundidade de penetração de diferentes cimentos endodônticos (à base de eugenol e à base de resina epóxica). Avaliar a resistência de união dos pinos de fibra de vidro ao canal radicular por meio do teste de push-out e correlacionar com a profundidade de penetração de diferentes cimentos endodônticos (à base de eugenol e à base de resina epóxica) nos túbulos dentinários.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os pesquisadores estarão protegidos pelos EPIs Benefícios:

A realização desse estudo possibilitará um conhecimento mais aprofundado sobre a influência do tipo de limpeza final realizada no tratamento endodôntico quando se realizará em seguida a cimentação de um pino de fibra de vidro, visto que essa situação é muito comum aparecer na prática diária nas clínicas odontológicas; aprimorando, assim, o conhecimento tanto dos acadêmicos quanto dos profissionais de Odontologia. Os dados e resultados obtidos serão encaminhados para publicações e apresentados em eventos científicos, gerando um crescimento técnico-científico na área estudada.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Este estudo tem como objetivo avaliar a influência do protocolo de irrigação (final) endodôntica (IE): irrigação convencional com agulha (IC); irrigação passiva ultrassônica (PUI) e do cimento obturador: cimento à base de eugenol; cimento à base de resina epóxica, na adesão de pinos de fibra de vidro (PFV) ao canal radicular (CR). Serão selecionados 48 dentes permanentes unirradiculares que serão seccionados perpendicularmente em relação ao seu longo eixo, imediatamente abaixo da junção cimento-esmalte. Em seguida os dentes serão tratados endodonticamente seguindo o mesmo protocolo até o momento da irrigação final. Nesse momento serão aleatoriamente

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco M, Sala 116-B

Bairro: Uvaranas

CEP: 84.030-900

UF: PR

Município: PONTA GROSSA

Telefone: (42)3220-3108

E-mail: coep@uepg.br

divididos em 2 grupos (n=24) onde metade irá receber uma irrigação final convencional, e outra metade uma irrigação passiva ultrassônica. Posteriormente as raízes serão secas e no momento da obturação serão subdivididas em mais 2 grupos (n=12) onde metade será obturado com cimento à base de eugenol e outra metade com cimento à base de resina epóxica, ambos misturados com rodamina B a 0,1%. Das 12 raízes de cada subgrupo experimental, duas serão aleatoriamente selecionadas para avaliação com microscopia confocal, com o intuito de avaliar a profundidade de penetração dos cimentos endodônticos nos túbulos dentinários. As 10 raízes restantes de cada subgrupo receberão a cimentação dos pinos de fibra de vidro. Dessas raízes, duas serão avaliadas em microscopia confocal para análise da profundidade de penetração do cimento resinoso, onde um corante fluoresceína a 0,1% será manipulado juntamente com o cimento resinoso para sua possível visualização. As 8 raízes restantes serão então avaliadas em resistência de união pelo teste de push-out e padrão de fratura. As imagens obtidas em Microscopia Confocal, com as profundidades de penetração do cimento endodôntico, bem como do cimento resinoso, serão submetidas à análise estatística apropriada. Os dados de resistência de união (MPa) serão submetidos a ANOVA 3 fatores (protocolo de irrigação vs. cimento endodôntico vs. região radicular) e teste de Tukey para contraste das médias ($\alpha=0,05$). Os diferentes padrões de fratura serão avaliados apenas qualitativamente.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Em anexo e de acordo com as normas da resolução 466/2012

Recomendações:

Enviar relatório final ao término do projeto

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco M, Sala 116-B
Bairro: Uvaranas **CEP:** 84.030-900
UF: PR **Município:** PONTA GROSSA
Telefone: (42)3220-3108 **E-mail:** coep@uepg.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
PONTA GROSSA - UEPG



Continuação do Parecer: 2.991.268

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1240221.pdf	23/10/2018 17:07:32		Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto_pesquisa.pdf	23/10/2018 17:06:36	Giovana Mongruel Gomes	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_murilo_tese_plataformabrasil.docx	16/10/2018 22:09:12	Giovana Mongruel Gomes	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	declaracao_bdh.pdf	16/10/2018 22:07:49	Giovana Mongruel Gomes	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

PONTA GROSSA, 30 de Outubro de 2018

Assinado por:
ULISSES COELHO
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvarararas, Bloco M, Sala 116-B
Bairro: Uvararas **CEP:** 84.030-900
UF: PR **Município:** PONTA GROSSA
Telefone: (42)3220-3108 **E-mail:** coep@uepg.br