

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA – MESTRADO
AREA DE CONCENTRAÇÃO: DENTÍSTICA RESTAURADORA

THAÍS EMANUELLE BAKAUS

AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES DE UNIÃO DE ADESIVOS UNIVERSAIS
AO CANAL RADICULAR PREPARADO COM DIFERENTES
INSTRUMENTOS ROTATÓRIOS

PONTA GROSSA
2016

THAÍS EMANUELLE BAKAUS

**AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES DE UNIÃO DE ADESIVOS UNIVERSAIS
AO CANAL RADICULAR PREPARADO COM DIFERENTES
INSTRUMENTOS ROTATÓRIOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto sensu em Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa como requisito para obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração em Dentística Restauradora, linha de pesquisa em Propriedades Físico-Químicas e Biológicas de Materiais.

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

Co-orientador: Prof. Dr. João Carlos Gomes

PONTA GROSSA

2016

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

Bakaus, Thaís Emanuelle Bakaus
B227 Avaliação de propriedades de união de
 adesivos universais ao canal radicular
 preparado com diferentes instrumentos
 rotatórios/ Thaís Emanuelle Bakaus Bakaus.
 Ponta Grossa, 2016.
 66f

 Dissertação (Mestrado em Odontologia -
 Área de Concentração: Dentística
 Restauradora), Universidade Estadual de
 Ponta Grossa.
 Orientadora: Prof^a Dr^a Giovana Mongruel
 Gomes.
 Coorientador: Prof. Dr. João Carlos
 Gomes.

 1.Adesão. 2.Cimentos resinosos.
 3.Dentina radicular. 4.MEV. 5.Pinos de
 fibra. I.Gomes, Giovana Mongruel. II.
 Gomes, João Carlos. III. Universidade
 Estadual de Ponta Grossa. Mestrado em
 Odontologia. IV. T.

CDD: 617.695

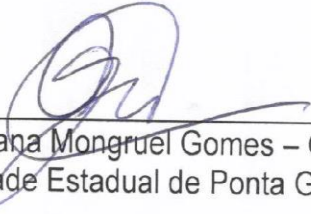
TERMO DE APROVAÇÃO

THAÍS EMANUELLE BAKAUS

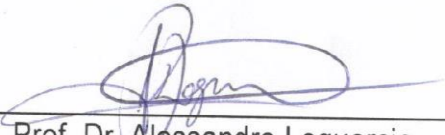
AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES DE UNIÃO DE ADESIVOS UNIVERSAIS AO CANAL RADICULAR PREPARADO COM DIFERENTES INSTRUMENTOS ROTATÓRIOS

Dissertação apresentada como pré-requisito para obtenção do título de Mestre na Universidade Estadual de Ponta Grossa, no Curso de Mestrado em Odontologia – Área de Concentração em Dentística Restauradora, linha de pesquisa em Propriedades Físico-Químicas e Biológicas dos Materiais.

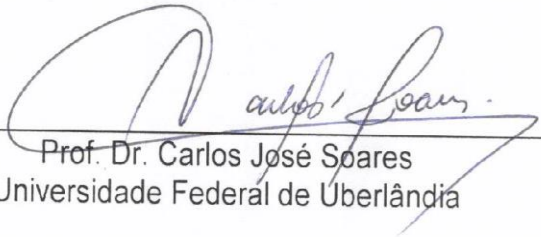
Ponta Grossa, 16 de fevereiro de 2016



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



Prof. Dr. Alessandro Loguercio
Universidade Estadual de Ponta Grossa



Prof. Dr. Carlos José Soares
Universidade Federal de Uberlândia

Agradecimentos

A **Deus**, por iluminar meus passos e ter me dado a chance de continuar vivendo ao lado das pessoas que eu amo.

Aos meus pais **Denilson e Valdete** por sempre apoiarem as minhas decisões, pelas palavras de incentivo e coragem, pela gigante paciência e amor. Vocês são responsáveis por eu ter alcançado mais essa vitória, sem o apoio de vocês e em todas as etapas da minha vida nada disso teria sido possível!

Aos meus irmãos **Vinícius e Caio** pelo companheirismo, por me aguentarem nos momentos de stress e por dividirem comigo desde os momentos mais felizes até os mais difíceis!

A todos os meus **familiares**, avós, tios e primos, pelo amor e apoio de sempre, agradeço todos os dias por fazer parte dessa família maravilhosa.

A minha orientadora **Profa. Dra. Giovana Mongruel Gomes**, obrigada por ter me escolhido pra ser sua orientada, nesses dois anos pude conhecer um pouco da sua dedicação e amor pelo que faz. Sempre esteve disposta a me ensinar e ajudar, não importando o lugar, o dia ou a hora. Seus ensinamentos vão seguir comigo por toda minha carreira, muito obrigada por orientar essa minha jornada, que ainda está só começando. Espero que você continue fazendo parte dela por muito tempo, você é uma inspiração pra mim!

As minhas amigas **Carol, Cinthia, Driellen, Pâmela, Kaprice e Yan** pelas horas de laboratório compartilhadas, pelas ajudas em todos os momentos, por poder contar sempre com

vocês. Ganhei e fortaleci amizades especiais esses dois anos ao lado de vocês.

As minhas amigas **Bianca, Flavia e Raquel** por estarem sempre ao meu lado, compartilhando momentos especiais, vocês são essenciais na minha vida!

Ao meu namorado **Lucas**, pelo carinho, paciência, companheirismo e acima de tudo amizade. Obrigada por me incentivar, acreditar no meu sucesso e estar do meu lado nessa etapa importante da minha vida.

Ao meu amigo **Felipe Gutiérrez**, por sempre estar disposto a me ajudar, pela companhia nas diversas horas de laboratório; e principalmente por ter ajudado a capturar as fotos desse trabalho.

Ao **Prof. Dr. João Carlos Gomes e Profa. Dra. Osnara Maria Mongruel Gomes**, por todo apoio desde a graduação até o mestrado.

A **Universidade Estadual de Ponta Grossa** pela oportunidade da realização do meu curso de graduação, bem como meu curso de Mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – **CAPES**, pela bolsa de estudos concedida.

A Coordenadora do Programa de Pós-Graduação **Profa. Dra. Denise Wambier**, pela ajuda e disposição sempre que necessário.

Ao **Prof. Dr. Alessandro Dourado Loguercio** e à **Profa. Dra. Alessandra Reis** pela colaboração e dedicação com o meu trabalho.

A **Banca de Qualificação** composta pela Profa. Dra. Alessandra Reis e Profa. Dra. Bruna Fortes Bittencourt, pela disposição em ler meu trabalho e enriquecê-lo ainda mais com suas sugestões.

Aos professores **Profa. Dra. Giovana Mongruel Gomes e Prof. Dr. Edson Meister** pela oportunidade de realizar estágio voluntário na disciplina de Biomateriais, muito obrigada pelos ensinamentos transmitidos.

Ao **Prof. Dr. Luciano Celinski** por sempre me dar dicas e conselhos sobre a profissão desde a graduação, e por permitir que eu assistisse a suas aulas de escultura dental novamente.

As **Profas. Dras. Adriana, Lúdia e Giovana**, que supervisionaram meu estágio docente na clínica de Prótese, foi uma honra aprender com vocês que tem o dom de ensinar!

A técnica de laboratório **Simone Sabino**, que sempre esteve disposta a me ajudar durante uma das fases experimentais desse trabalho.

A **Morgana** funcionária da pós-graduação pela atenção e ajuda em todos os momentos necessários.

A todos aqueles me apoiaram nessa fase.

Obrigada a todos!

“Benditos os que conseguem se deixar em paz. Os que não se cobram por não terem cumprido suas resoluções, que não se culpam por terem falhado, não se torturam por terem sido contraditórios, não se punem por não terem sido perfeitos. Apenas Fazem o melhor que podem. Se for para ser mestre em alguma coisa, então que sejamos mestres em nos libertar da patrulha do pensamento. De querer se adequar à sociedade e ao mesmo tempo ser livre.”

(Martha Medeiros)

DADOS CURRICULARES

Thaís Emanuelle Bakaus

NASCIMENTO 26.11.1991	Guarapuava, Paraná – Brasil
FILIAÇÃO	Valdete Liane Jaros João Denilson Bakaus
2009 – 2013	Curso de Graduação em Odontologia. Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa – PR, Brasil.
2015 – 2015	Curso de Aperfeiçoamento em Odontologia Estética. Escola de Aperfeiçoamento Profissional. Associação Brasileira de Odontologia – Regional Ponta Grossa – PR, Brasil.
2014 – 2016	Curso de Pós-Graduação em Odontologia. Área de Concentração em Dentística Restauradora. Nível Mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa – PR, Brasil.

RESUMO

BAKAUS TE. **Avaliação de propriedades de união de adesivos universais ao canal radicular preparado com diferentes instrumentos rotatórios** [Dissertação – Mestrado em Odontologia – Área de Concentração Dentística Restauradora]. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2016.

Avaliou-se a influência do instrumento rotatório utilizado para preparo do conduto radicular na adesão de pinos de fibra de vidro e diferentes estratégias de adesão utilizando sistemas adesivos universais. Foram utilizados 100 pré-molares inferiores humanos, os quais tiveram suas coroas removidas e suas raízes tratadas endodonticamente. Inicialmente, as raízes foram divididas em quatro grupos, de acordo com a combinação dos seguintes fatores: instrumento rotatório utilizado para preparo do conduto radicular - broca carbide (BC) e ponta diamantada (PD) e sistema de cimentação (sistema adesivo universal associado com seu respectivo cimento resinoso) - Single Bond Universal/RelyX ARC (SB) e Prime&Bond elect/Enforce (PB). Foram divididos então em subgrupos de acordo com a estratégia de adesão: *Self-etch* (SE) ou *Etch-and-rinse* (E&R). Oito dentes por grupo foram avaliados em resistência de união (RU) pelo teste de push-out e 4 dentes em nanoinfiltração (NI) por microscopia eletrônica de varredura (MEV), sendo que para esses testes as raízes foram seccionadas transversalmente em 6 fatias. Os dados de RU e NI para cada sistema de cimentação foram submetidos à ANOVA 2 fatores e Tukey ($\alpha=0,05$). Para RU, apenas os fatores principais foram significativos ($p < 0,05$), sendo que para ambos os sistemas de cimentação maiores valores de RU foram observados para o preparo radicular com PD em comparação com a BC e para a estratégia de adesão SE comparada a E&R. Da mesma maneira, a interação não foi significativa para NI ($p > 0,05$). Para o sistema de cimentação PB menores valores foram observados para os grupos que utilizaram PD em comparação com a BC e para a estratégia de adesão SE em comparação com a E&R. Para o sistema de cimentação SB, apenas o fator principal instrumento rotatório foi significativo ($p = 0,01$), sendo que a PD resultou em menores médias de nanoinfiltração em comparação com a BC. Pode-se concluir que para melhorar a adesão de pinos de fibra de vidro ao canal radicular pontas diamantadas devem ser utilizadas para o preparo do conduto radicular; e, de maneira geral, os sistemas adesivos universais devem ser utilizados na maneira *self-etch* para obterem resultados satisfatórios de adesão intracanal.

Palavras-chave: Adesão. Cimentos resinosos. Dentina radicular. MEV. Pinos de fibra. Resistência de união. Sistemas adesivos.

ABSTRACT

BAKAUS TE. **Evaluation of bonding properties of universal adhesives to root canal prepared with different rotary instruments.** [Dissertação – Mestrado em Odontologia – Área de Concentração Dentística Restauradora]. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2016.

The objective of this study was to evaluate the influence of a rotating device used to prepare the root canal in the adhesion of glass fiber posts and evaluate different bonding strategies using universal adhesive systems. One hundred human premolars were used, which had their crowns removed and their roots endodontically treated. Initially, the roots were divided into four groups, according to a combination of the factors: a rotating device used to prepare the root canal - carbide bur (CB) and diamond bur (DB) and cementation system (universal adhesive system associated with its respective resin cement - Single Bond Universal / RelyX ARC (SB) and Prime&Bond elect / Enforce (PB). They were then divided into subgroups according to the bonding strategy: Self-etch (SE) or Etch-and-rise (E&R). Eight teeth per group were evaluated in bond strength (BS) by the push-out test and 4 in nanoleakage teeth (NL) by scanning electron microscopy (SEM), and the roots for these tests were transversely sectioned in 6 slices. The data of BS and NI for each cementation system were subjected to 2-way ANOVA and Tukey ($\alpha = 0.05$). For BS, only the major factors were significant ($p < 0.05$), and for both cementation systems, the highest BS values were observed for the preparation with DB compared to the CB and SE adhesion strategy compared with E&R. Likewise, the interaction was not significant for NL ($p > 0.05$). For the cementation system PB, the lowest values were observed for groups using DB compared to the CB and SE adhesion strategy compared to E&R. For the SB cementation system, only the rotating device main factor was significant ($p = 0.01$), whereas the DB resulted in lower average nanoleakage compared to the CB. It can be concluded that to improve the adhesion of glass fiber posts to root canal, diamond bur should be used to prepare the root canal; and, in general, universal adhesive systems must be used in self-etch mode to obtain satisfactory results on intracanal adhesion.

Keywords: Adhesion. Resin cements. Root dentin. SEM. Fiber posts. Bond strength. Adhesive systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Desenho experimental do estudo	30
Figura 2- Preparo dos dentes. (A) Pré-molar inferior utilizado no estudo; (B) Imagem ilustrativa do disco de diamante e o seccionamento abaixo da raiz imediatamente abaixo da JCE; (C) Raízes dos pré-molares já com suas coroas seccionadas.	31
Figura 3- Tratamento endodôntico. Sequência de limas utilizadas para a instrumentação dos canais.....	32
Figura 4- Obturação Endodôntica. (A) Neutralização com soro fisiológico; (B) Aspiração; (C) Irrigação com EDTA; (D) Canal seco com pontas de papel absorvente; (E) Obturação pela técnica de condensação vertical de Schilder.	32
Figura 5- Preparo do canal com diferentes instrumentos rotatórios. (A) Preparo do conduto realizado com broca carbide; (B) Preparo do conduto realizado com ponta diamantada nº4138 FF adaptada em baixa rotação.	33
Figura 6- Hemi-seções metalizadas e fixadas em uma matriz metálica para análise em MEV.....	34
Figura 7- Sistema adesivo Single Bond Universal e cimento resinoso RelyX™ ARC (SB)	35
Figura 8- Sistema adesivo Prime&Bond elect e cimento resinoso Enforce (PB).....	35
Figura 9- Estratégia de adesão do grupo ER. (A) Aplicação do ácido fosfórico 37%; (B) Lavagem com água; (C) Secagem com jato de ar; (D) Secagem com ponta de papel absorvente; (E) Aplicação do sistema adesivo universal; (F) Fotopolimerização.	37
Figura 10- Estratégia de adesão do grupo SE. (A) Lavagem com água; (B) Secagem com jato de ar; (C) Secagem com ponta de papel absorvente; (D) Aplicação do sistema adesivo universal; (E) Fotopolimerização.....	37
Figura 11- Cimentação dos pinos. (A) Inserção do respectivo cimento resinoso com seringa de insulina, da região apical para a cervical em uma única vez para não formar bolhas; (B) Inserção do pino; (D) Fotopolimerização.	40

Figura 12- Preparo dos espécimes para os diferentes testes. (A) Obtenção das fatias com disco de diamante. (B) Mensuração da espessura das fatias.	41
Figura 13- Teste de push-out. (A) Mesa da máquina de ensaio universal com a fatia em posição. (B) Ampliação mostrando a ponta metálica correspondente ao pino e posicionada no centro do mesmo.	42
Figura 14- Preparo das amostras para nanoinfiltração. (A) Amostras imersas em solução de nitrato de prata amoniacal 50% e permanecendo por 24h em ambiente escuro; (B) Após lavagem, imersos em solução reveladora por 8 h sob luz fluorescente; (C) Fatias fixadas em base metálica e lixadas a fim de obter um polimento uniforme; (D) Armazenados em sílica por 24h; (E) Amostras metalizadas, prontas para análise em MEV.....	44
Figura 15- Fotomicrografias representativas em MEV (aumento de 2kx) do preparo realizado com: A) Broca Carbide e B) Ponta Diamantada; mostrando diferenças no padrão de <i>smear layer</i> formado.....	46
Figura 16 - Fotomicrografias representativas em MEV para cada grupo experimental em menor aumento (60x) para os diferentes sistemas de cimentação e.....	51
Figura 17- Fotomicrografias representativas em MEV (aumento de 1kx) das interfaces pós-cimentação para os diferentes sistemas de cimentação e estratégias de adesão no terço médio do canal radicular. As setas indicam o nitrato de prata infiltrado na camada híbrida. A nanoinfiltração foi significativamente reduzida no grupo PBSE em comparação ao PBER, bem como com a PD, em comparação à BC para o mesmo grupo PB. No grupo SB, houve menor nanoinfiltração nos grupos da ponta diamantada em comparação aos grupos da broca carbide (CR = canal radicular; Ce = cimento resinoso; HL = camada híbrida).	53

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1-	Grupos experimentais para cada sistema de cimentação.....	36
Quadro 2-	Modo de aplicação dos sistemas adesivos.	38
Quadro 3-	Modo de aplicação dos cimentos resinosos.....	39
Tabela 1-	Médias e desvios padrões dos diferentes grupos experimentais para o sistema de cimentação Prime&Bond elect/Enforce (PB).....	49
Tabela 2-	Médias e desvios padrões dos diferentes grupos experimentais para o sistema de cimentação Single Bond Universal/RelyX™ ARC (SB).....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARC	RelyX™ ARC
ANOVA	Análise de variância
AgNO ₃ NH ₄	Nitrato de prata amoniacal
BDH	Banco de dentes humanos
BC	Broca Carbide
cm	Centímetro (s)
CIV	Cimento de ionômero de vidro
COEP	Comissão de Ética em Pesquisa
cp	Corpo-de-prova
CT	Comprimento de trabalho
PD	Ponta Diamantada
EDTA	Ácido etilenodiaminotetracético
E&R	<i>Etch-and-rinse</i>
h	Hora (s)
<i>h</i>	Espessura
HEMA2	Hidroxietilmetacrilato
H ₃ PO ₄	Ácido fosfórico
ISO	Organização Internacional para Padronização (International Organization for Standardization)
Kg	Quilograma (s)
JCE	Junção cimento-esmalte
MPa	Mega (s) Pascal (is)
µm	Micrômetro (s)
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
min	Minuto (s)
mm	Milímetro (s)
mm ²	Milímetro (s) quadrado
mm/min	Milímetro (s) por minuto
mL	Mililitro (s)
n	Número amostral
N	Newton

NaOCl	Hipoclorito de sódio
NI	Nanoinfiltração
Nm	Nanometro (s)
NMF	Núcleo metálico fundido
PB	Prime&Bond elect/Enforce
PFV	Pino de fibra de vidro
<i>R</i>	Raio coronário
<i>r</i>	Raio apical
rpm	Rotação (ões) por minuto
RU	Resistência de união
SB	Single Bond Universal/RelyX ARC
SE	<i>Self-etch</i>
SL	<i>Smear Layer</i>
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa
Vs	Versus

LISTA DE SÍMBOLOS

#	Sequência de número
=	Igual
±	Mais ou menos
%	Porcentagem
&	E (conjunção de adição)
<	Menor
≤	Menor ou igual
>	Maior
≥	Maior ou igual
X	Aumento de lente óptico
α	Alfa (nível de significância)
°C	Grau (s) Celsius
n°	Número
p	Significância estatística
®	Registrado
™	Marca registrada
MR	Marca registrada
π	Constante 3,1416

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1 UTILIZAÇÃO DE PINOS INTRARRADICULARES	22
2.2 PREPARO DO CONDUTO RADICULAR	24
2.3 SISTEMAS ADESIVOS E CIMENTAÇÃO	26
3. PROPOSIÇÃO	27
3.1 PROPOSIÇÃO GERAL	28
3.2 PROPOSIÇÃO ESPECÍFICA	28
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 SELEÇÃO DOS DENTES	29
4.2 PREPARO DOS DENTES	30
4.2.1 Tratamento endodôntico	31
4.3 PREPARO DO CANAL RADICULAR E GRUPOS EXPERIMENTAIS	32
4.4 AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA ULTRAESTRUTURAL DA <i>SMEAR LAYER</i>	33
4.5 PROCEDIMENTOS ADESIVOS	34
4.5.1 Estratégias de adesão e subgrupos experimentais	35
4.6 PREPARO DOS ESPÉCIMES PARA OS DIFERENTES TESTES	40
4.7 ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO (RU) POR TESTE DE PUSH-OUT	41
4.7.1 Avaliação dos padrões de fratura	42
4.8 ANÁLISE DE NANOINFILTRAÇÃO (NI) EM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA	43
4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA	44
5. RESULTADOS	46
5.1 AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA ULTRAESTRUTURAL DA <i>SMEAR LAYER</i>	46
5.2 RESISTÊNCIA DE UNIÃO	47
5.3 NANOINFILTRAÇÃO	48
6. DISCUSSÃO	55
7. CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS	59

1. INTRODUÇÃO

Pinos de fibra de vidro têm sido amplamente utilizados como retentores intrarradiculares em dentes tratados endodonticamente, pelo fato de possuírem um módulo de elasticidade semelhante ao da dentina (Asmussen et al. ¹ 1999). Isso resulta em biomimetismo (Tay e Pashley ² 2007) e acredita-se que essa característica promova uma melhor distribuição das tensões na estrutura radicular (Qualtrough e Mannocci ³ 2003; Hayashi ⁴ 2008; Schmitter et al. ⁵ 2010), reduzindo o risco de fraturas radiculares (Coelho et al. ⁶ 2009; Torabi e Fattahi ⁷ 2009).

Esses pinos reforçados por fibras devem ser cimentados adesivamente ao canal radicular, e o sucesso dessa adesão está relacionado com a qualidade da união pino-cimento-dentina, e se corretamente indicada e realizada, essa técnica apresenta adequado desempenho clínico (Balkenhol et al. ⁸ 2007; Fokkinga et al. ⁹ 2007; Piovesan et al. ¹⁰ 2007; Salvi et al. ¹¹ 2007; Cantoro et al. ¹² 2011; Sterzenbach et al. ¹³ 2012). Entretanto, previamente ao procedimento de cimentação dos pinos, há a necessidade de ser realizado um preparo do conduto radicular. Usualmente esse preparo é realizado com brocas carbide fornecidas pelo próprio fabricante do pino, juntamente com o kit do pino pré-fabricado.

Todavia, quando qualquer instrumento abrasiona ou corta a dentina, os tecidos mineralizados são quebrados, produzindo quantidades consideráveis de resíduos de material orgânico e inorgânico formando a camada de esfregaço também conhecida por *smear layer* (Pashley et al. ¹⁴ 1988; Pashley e Carvalho ¹⁵ 1997; Breschi et al. ¹⁶ 2008; Violich e Chandler ¹⁷ 2010).

Em dentina coronária já foi demonstrado que o tipo de instrumento rotatório utilizado para preparo forma diferentes padrões de *smear layer*, sendo que isso interfere nos valores de resistência de união (Dias et al. ¹⁸ 2004; Sattabanasuk et al. ¹⁹ 2007; Cardoso et al. ²⁰ 2008; Ermis et al. ²¹ 2008; Belli et al. ²² 2011; Borges et al. ²³ 2011). Realizar o preparo coronário com ponta diamantada resulta em maiores valores de adesão (Ogata et al. ²⁴ 2001), e

utilizar brocas de granulação mais fina promovem os mesmos resultados (Belli et al. ²² 2011).

Porém, não há estudos na literatura realizados em dentina radicular que demonstrem a influência do instrumento rotatório utilizado para preparo do conduto radicular na adesão de pinos de fibra de vidro e no padrão de *smear layer* formado ao utilizar a ponta diamantada para preparo do conduto radicular. Visto que a adesão à dentina radicular é dificultada tanto pelo acesso, falta de visibilidade e habilidade do operador (Gomes et al. ²⁵ 2013), técnicas e idéias inovadoras que venham a melhorar a resistência de união são de grande valia para serem estudadas.

A *smear layer* formada durante o preparo do canal radicular deve ser removida ou modificada, previamente ao procedimento de cimentação, através de um condicionamento ácido ou aplicação de um sistema adesivo autocondicionante, respectivamente. Para os sistemas adesivos convencionais, que utilizam o condicionamento ácido prévio, esse condicionamento faz com que haja uma desmineralização da camada mineralizada, para que posteriormente o agente de união penetre nos túbulos dentinários formando *tags* resinosos. Essa região é conhecida como camada híbrida. Isso torna a união dentinária de natureza essencialmente micromecânica (Pashley e Carvalho ¹⁵ 1997; Breschi et al. ¹⁶ 2008; Serafino et al. ²⁶ 2004; Yiu et al. ²⁷ 2008; Scotti et al. ²⁸ 2012). Já os sistemas adesivos autocondicionantes, a partir dos seus monômeros acídicos, conseguem simultaneamente condicionar e se infiltrar no substrato dental (Van Meerbeek et al. ²⁹ 2011).

A fim de fornecer um único produto para todas as situações foram desenvolvidos os sistemas adesivos universais, que podem ser aplicados tanto em modo *etch-and-rinse* (convencional), realizando a etapa de condicionamento ácido prévio ou em modo *self-etch* (autocondicionante), ou seja, sem o condicionamento ácido (Rosa et al. ³⁰ 2015). A questão que ainda permanece durante a prática clínica dos profissionais é se devemos ou não realizar o condicionamento ácido prévio em sistemas adesivos universais.

Existem diversos estudos recentes na literatura a respeito da técnica de condicionamento ácido em dentina coronária com esses sistemas adesivos (Munoz et al. ³¹ 2013; Wagner et al. ³² 2014; Munoz et al. ³³ 2015); porém, a literatura ainda é escassa quando se trata do desempenho desses adesivos em dentina radicular. Visto que esse é um procedimento rotineiro no âmbito clínico, e que pinos radiculares são cimentados adesivamente ao canal radicular é de extrema importância ao cirurgião saber qual estratégia de adesão irá proporcionar resultados mais efetivos.

Desse modo, uma alternativa inovadora não encontrada previamente na literatura e sugerida nesse estudo, seria realizar o preparo dos condutos radiculares com ponta diamantada de granulação extra-fina adaptada em baixa rotação.

Sendo assim, este estudo tem como objetivo avaliar o padrão da *smear layer* formado na dentina radicular com diferentes instrumentos rotatórios: broca carbide, comumente utilizada, e ponta diamantada; e o efeito de diferentes estratégias de adesão (convencional e autocondicionante) ao utilizar sistemas adesivos universais nos valores de nanoinfiltração na camada híbrida e de resistência de união ao canal radicular após a cimentação de pinos de fibra de vidro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Utilização de pinos intrarradiculares

Para que a reabilitação seja possível e garanta longevidade clínica em dentes que possuam grande destruição coronária e tratamento endodôntico, é necessário lançar mão de retentores intrarradiculares; a fim de promover retenção do material reabilitador utilizado (Schwartz e Robbins ³⁴ 2004) e aumentar a resistência do elemento dental, já que esta é diretamente proporcional à quantidade de tecido dentário remanescente (Tay e Pashley ² 2007). Porém, existe uma série de requisitos biomecânicos necessários a fim de garantir sucesso no tratamento. Esses fatores dependem da quantidade de tecido dental remanescente, condição da raiz, configuração do canal, comprimento, diâmetro e forma do pino, quantidade de suporte ósseo, condição periodontal, tipo de restauração, entre outros (Dietschi et al. ³⁵ 2007; Naumann et al. ³⁶ 2007; Dietschi et al. ³⁷ 2008; Baba et al. ³⁸ 2009; Silva et al. ³⁹ 2011).

A escolha do retentor radicular a ser utilizado deve levar em consideração os fatores citados acima, bem como o seu módulo de elasticidade em relação à dentina. Ao se optar por núcleos metálicos fundidos (NMF), por possuírem um módulo de elasticidade em torno de 210 GPa (Martelli, R. ⁴⁰ 2000) e a dentina de 18,6 GPa (Martelli, R. ⁴⁰ 2000), clinicamente, resultam muitas vezes em fraturas radiculares irreversíveis (Tay e Pashley ² 2007; Naumann et al. ³⁷ 2007; Silva et al. ³⁹ 2011; Morfis ⁴¹ 1990; Testori et al. ⁴² 1993; Ferrari et al. ⁴³ 2000; Bonfante et al. ⁴⁴ 2007; Marchi et al. ⁴⁵ 2008; Martelli, H. et al. ⁴⁶ 2008; Clavijo et al. ⁴⁷ 2009; Gomez-Polo et al. ⁴⁸ 2010). Isso ocorre pelo acúmulo da concentração de tensões ao longo da interface de união pino-dentina (Barjau-Escribano et al. ⁴⁹ 2006).

Sendo assim, a fim de promover um material com módulo de elasticidade semelhante à dentina, bem como superar as desvantagens estéticas dos NMF, na década de 1990 foi desenvolvido (Duret et al. ⁵⁰ 1990) os pinos reforçados por fibras. Segundo Tay e Pashley ² 2007, formou-se um

novo conceito de tratamento restaurador; devido ao fato de apresentarem-se como um sistema: pino, cimento, material de reconstrução e dentina; recebendo a denominação de monobloco. Para este monobloco atuar como uma unidade mecanicamente homogênea, dois pré-requisitos são necessários simultaneamente: primeiro, os materiais que constituem o monobloco devem ter a habilidade de se aderirem forte e mutuamente uns aos outros; segundo, esses materiais devem possuir um módulo de elasticidade que seja similar ao seu substrato.

Com o objetivo de promover melhorias na utilização de pinos estéticos, foram desenvolvidos os pinos compostos por uma estrutura de fibras de vidro longitudinais envoltas por matriz polimérica de resina epóxica e partículas inorgânicas (Dietschi et al.³⁶ 2007; Baba et al.³⁹ 2009). Esses pinos de fibra de vidro (PFV) conseguiram suprir algumas limitações dos pinos já existentes, como a dificuldade de adesão que os cerâmicos apresentam, bem como a opacidade dos pinos de fibra de carbono (Baba et al.³⁹ 2009; Barjau-Escribano et al.⁴⁹ 2006).

O fato dos PFV possuírem módulo de elasticidade semelhante à dentina faz com que as fraturas reversíveis, passíveis de reparo, sejam mais frequentes (Tay e Pashley² 2007; Akkayan e Gulmez⁵¹ 2002; Naumann et al.⁵³ 2005). Somado a esse fato, o tipo de restauração final e a presença de dentes adjacentes são fatores significativos para determinar a diminuição da taxa de fraturas em dentes restaurados com esses pinos (Naumann et al.⁵² 2005). Além disso, possuem alta resistência à fratura (Ho et al.⁵³ 2011), resultados clinicamente satisfatórios quando comparado aos NMF (Gbadebo et al.⁵⁴ 2014) e capacidade de serem cimentados adesivamente (Boschian Pest et al.⁵⁵ 2002). Devido a sua composição, os PFV conferem uma natureza compatível com os monômeros resinosos presentes na composição dos sistemas de cimentação adesiva, isso promove uma adesão química entre os materiais utilizados (De Munck et al.⁵⁶ 2005).

Porém, de acordo com uma revisão de literatura realizada por Frydman et al.⁵⁷ 2013, o fato de serem cimentados adesivamente faz com a falha mais frequente seja a descolagem do pino da interface cimento / dentina, ou seja,

resulta em maior número de falhas adesivas. Sendo que, apesar disso, o uso desse sistema de pino combinado com adequado sistema adesivo e técnica de cimentação resulta em uma excelente solução para restaurar dentes tratados endodonticamente ou propensos a fraturas (Frydman et al.⁵⁷ 2013).

2.2 Preparo do conduto radicular

Ao lançar mão de retentores intrarradiculares é necessário que o preparo do conduto radicular seja realizado. Além de falhas devido à cimentação adesiva, outro grande empecilho é a camada de esfregaço gerada a partir do preparo do conduto radicular.

A camada de esfregaço denominada *smear layer* (SL) é constituída por saliva, bactérias, restos de tecidos removidos durante o preparo, e esta quando penetra nos túbulos dentinários é chamada *smear plug* (Gwinnett⁵⁸ 1984; Pashley⁵⁹ 1984). A SL pode variar em sua composição, espessura e padrão de acordo com o tipo de dentina presente na cavidade ou pelo instrumento rotatório utilizado durante o preparo (Pashley⁵⁹ 1984).

A morfologia, composição e espessura da *smear layer* são determinadas pelo tipo de instrumento rotatório utilizado, bem como a velocidade da peça de mão e granulometrias utilizadas (Dias et al.¹⁸ 2004; Tao et al.⁶⁰ 1988).

Existem na literatura diversos estudos realizados em dentina coronária que avaliam o uso de diferentes instrumentos rotatórios utilizados para o preparo cavitário (Dias et al.¹⁸ 2004; Cardoso et al.²⁰ 2008; Borges et al.²³ 2011; Ogata et al.²⁴ 2001; Yiu et al.²⁷ 2008; Ogata et al.⁶¹ 2002; Gupta e Tewari⁶² 2006; Malekipour et al.⁶³ 2010; Peerzada et al.⁶⁴ 2010; Hegde e Sravanthi⁶⁵ 2011; Conde et al.⁶⁶ 2012; Mascarenhas Oliveira et al.⁶⁷ 2012; Sherawat et al.⁶⁸ 2014). Alguns autores relatam que o uso de diferentes brocas altera os valores de resistência de união (RU), apresentando maiores valores ao utilizar uma ponta diamantada para preparo (Ogata et al.²⁴ 2001). Refinar o preparo com brocas de granulação mais fina também resulta em maiores valores de RU (Belli et al.²² 2011). Porém alguns estudos mostram que o preparo da dentina coronária com broca carbide obtém os melhores resultados

de RU à dentina (Dias et al. ¹⁸ 2004). Já o estudo de Ogata et al. ⁶¹ 2002 não mostrou diferença na RU quando diferentes métodos de preparação da superfície foram utilizados.

Segundo Cardoso et al. ²⁰ 2008 a ponta diamantada produz diferentes características morfológicas na estrutura da dentina coronária preparada, quanto a sua rugosidade e, mais especificamente em relação à espessura da SL formada. Sendo que, ao utilizar adesivos autocondicionantes de um passo, a RU pode ser ligeiramente elevada quando utilizada uma ponta diamantada de granulação extra-fina de acordo com o estudo de Ermis et al. ²¹ 2008 .

Sabendo que a camada de SL não é favorável para a retenção adesiva, foi preconizado por Fusayama et al. ⁶⁹ 1979 a remoção total da SL a partir da utilização de ácidos. E desde então, o ácido fosfórico vem sendo utilizado, sendo a concentração mais utilizada a de 37%. O condicionamento dentinário, além de remover a SL, remove parte de seu conteúdo mineral, aumenta a luz dos canalículos dentinários e expõe um tecido rico em fibrilas colágenas (Rosales-Leal et al. ⁷⁰ 2001).

Alguns estudos (Ogata et al. ²⁴ 2001; Koibuchi et al. ⁷¹ 2001) demonstraram que a espessura da SL e a topografia da superfície da dentina após a remoção da SL criada por diferentes instrumentos podem afetar a resistência de união dos sistemas adesivos. Sendo assim, o efeito da preparação, seja do esmalte ou dentina, na resistência de união, também depende do sistema adesivo utilizado (Ogata et al. ⁶¹ 2002; Hosoya et al. ⁷² 2004; Sevgican et al. ⁷³ 2004).

Uma vez que a *smear layer* tem grande influência na capacidade de união entre a estrutura dentária e o material restaurador, estes fatores devem ser considerados como parâmetros que afetam a adesão ao substrato dental.

Sendo assim, conseguir uma adesão satisfatória à dentina, tanto coronária quanto radicular, ainda é um desafio. Para otimizar esses resultados, os sistemas adesivos passaram ao longo dos anos por evoluções na sua composição, a fim de aprimorar e garantir melhores resultados clínicos.

2.3 Sistemas adesivos e cimentação

Através da interação micromecânica do agente de união com os tecidos dentais, seja ele o esmalte condicionado ou as fibrilas colágenas expostas na dentina após desmineralização, é que acontece a união dos materiais restauradores aos substratos dentais (De Munck et al. ⁵⁶ 2005). A qualidade dessa união está intimamente relacionada com a eficiência da penetração dos monômeros resinosos aos espaços interfibrilares, ao total recobrimento das fibrilas colágenas pelo adesivo e a adequada polimerização do sistema adesivo (Reis et al. ⁷⁴ 2007).

A cimentação realizada por meio de um sistema adesivo mais cimento resinoso depende de uma união efetiva entre esses componentes adesivos e o substrato dentinário (Ferrari et al. ⁷⁵ 2000). Porém, um grande desafio para o cirurgião dentista é selecionar adequadamente o sistema adesivo para realizar a cimentação, sendo que há muitas possibilidades disponíveis no mercado, podendo assim serem usados com diferentes combinações de cimentos resinosos.

Os sistemas adesivos podem ser divididos em dois grandes grupos: convencionais e autocondicionantes. Sendo o que separa essa classificação é a necessidade ou não do condicionamento ácido (De Munck et al. ⁵⁶ 2005). Os adesivos convencionais necessitam da desmineralização dos substratos antes da aplicação do sistema adesivo e há remoção da *smear layer* (SL). Já nos autocondicionantes, a etapa da desmineralização e infiltração ocorrem simultaneamente, ocorrendo apenas uma modificação da SL (Van Meerbeek et al. ⁷⁶ 2003).

Quanto à forma de apresentação, os sistemas convencionais podem ser comercializados em 2 ou 3 passos, levando em consideração a associação do *primer* ao sistema adesivo. Esse sistema utiliza o condicionamento com ácido fosfórico, lavagem, aplicação de *primer* e/ou adesivo (2 ou 3 passos) (De Munck et al. ⁵⁶ 2005). Os adesivos autocondicionantes ao incorporar na fórmula monômeros ácidos polimerizáveis junto ao *primer*, se apresentam em 2 passos. Quando há incorporação do *bond* ou monômero hidrófobo ao *primer* ácido

temos o sistema comercializado em 1 passo, ou seja no mesmo produto (Pashley e Tay ⁷⁷ 2001). Geralmente, os monômeros ácidos em sistemas *self-etch* são ésteres originários a partir da reação de um álcool bivalente com ácido metacrílico e derivados do ácido fosfórico/caboxílico. (Yoshida et al. ⁷⁸ 2004).

Outra classificação recentemente introduzida no mercado são os sistemas adesivos universais, que podem ser aplicados tanto em modo *self-etch*, ou seja, sem o condicionamento ácido ou em modo *etch-and-rinse*, realizando a etapa de condicionamento ácido (Rosa et al. ³⁰ 2015; Perdigao et al. ⁷⁹ 2012). Porém, de acordo com a revisão de literatura realizada por Rosa et al. ³⁰ 2015, não está evidente se a utilização em modo *etch-and-rinse* desse sistema adesivo em dentina coronária pode aumentar os valores de resistência de união, e tampouco em dentina radicular. Porém, em esmalte, utilizar a opção *etch-and-rinse* pode aumentar seus valores de união (Rosa et al. ³⁰ 2015; Perdigao e Loguercio ⁸⁰ 2014).

Os sistemas adesivos universais diferem dos sistemas autocondicionantes, pois neles foram incorporados monômeros funcionais capazes de produzir adesão química aos substratos dentais (Perdigao et al. ⁷⁹ 2012; Hanabusa et al. ⁸¹ 2012). Estudos mostram que essa incorporação pode aumentar a longevidade da adesão produzida nesse sistema adesivo (Munoz et al. ³³ 2015; Heintze et al. ⁸² 2010). Cada adesivo universal contém em sua composição um monômero funcional específico que, em grande medida, determina o real desempenho do sistema adesivo. Esses monômeros formam uma ligação química adicional, que é esperado para contribuir no seu potencial de união (Yoshida et al. ⁷⁸ 2004).

Devido às escassas informações a respeito da utilização de sistemas adesivos universais utilizados no conduto radicular, bem como a influência de diferentes instrumentos rotatórios no preparo do canal, faz-se necessário o avanço das pesquisas nesta área para melhorar o conhecimento do profissional, bem como favorecer o sucesso clínico dos pinos de fibra de vidro.

3. PROPOSIÇÃO

3.1 PROPOSIÇÃO GERAL

- Avaliar a influência do instrumento rotatório utilizado para preparo do conduto radicular na adesão de pinos de fibra de vidro e diferentes estratégias de adesão utilizando sistemas adesivos universais.

3.2 PROPOSIÇÃO ESPECÍFICA

- 3.2.1 Avaliar o efeito do **instrumento rotatório** (broca carbide vs. ponta diamantada) no **padrão da smear layer** obtida após o preparo do conduto radicular para a cimentação de pinos de fibra de vidro;
- 3.2.2 Avaliar o efeito do **instrumento rotatório** (broca carbide vs. ponta diamantada) nos valores de **resistência de união** entre pino de fibra de vidro e dentina radicular mediada por cimentos resinosos convencionais associados a sistemas adesivos;
- 3.2.3 Avaliar o efeito do **instrumento rotatório** (broca carbide vs. ponta diamantada) nos valores de **nanoinfiltração** dentro da camada híbrida após a cimentação de pinos de fibra de vidro;
- 3.2.4 Avaliar o efeito de diferentes **estratégias de adesão** (*self-etch vs. etch-and-rinse*) nos valores de **resistência de união** entre pino de fibra e dentina radicular mediada por cimentos resinosos convencionais associados a sistemas adesivos;
- 3.2.5 Avaliar o efeito de diferentes **estratégias de adesão** (*self-etch vs. etch-and-rinse*) nos valores de **nanoinfiltração** dentro da camada híbrida após a cimentação de pinos de fibra de vidro.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 SELEÇÃO DOS DENTES

A realização de toda a parte experimental desse trabalho foi aprovada por meio do parecer nº 890.135 pela Comissão de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Ponta Grossa – COEP – UEPG. Para a realização desse estudo foram selecionados 100 pré-molares inferiores permanentes unirradiculares, obtidos no Banco de Dentes Humanos (BDH) da UEPG. Os dentes foram limpos com curetas periodontais (Duflex, SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) e armazenados em água destilada à temperatura ambiente até 6 meses após extração.

Os dentes selecionados para o presente estudo obedeceram aos seguintes critérios de inclusão: ausência de cárie, de dilacerações radiculares, de tratamento endodôntico prévio, de ápice incompleto, além de um comprimento radicular medido da junção cimento-esmalte (JCE) de pelo menos 14 mm. O desenho experimental desse estudo está demonstrado na Figura 1.

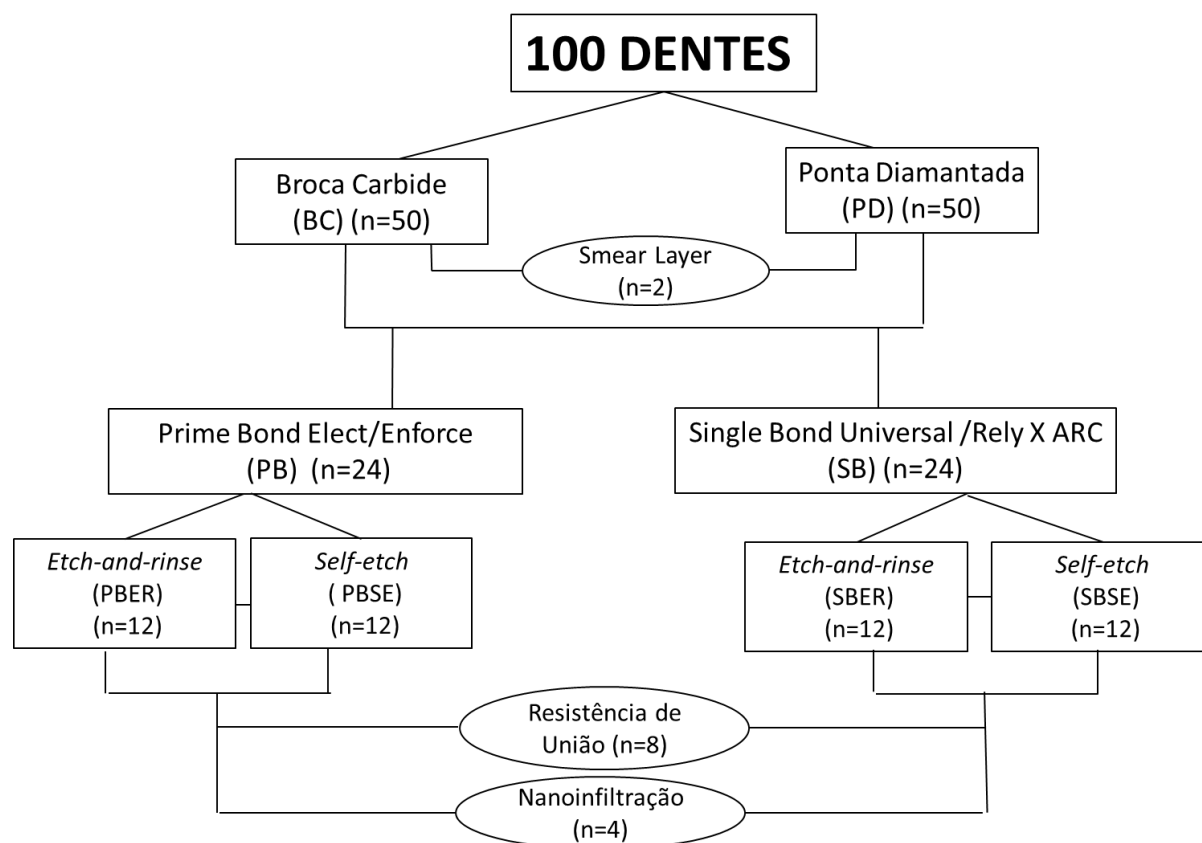


Figura 1- Desenho experimental do estudo

4.2 PREPARO DOS DENTES

Os dentes foram seccionados perpendicularmente em relação ao seu longo eixo imediatamente abaixo da JCE, com disco de diamante montado em uma máquina de corte ISOMET 1000 (Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) a uma velocidade de 300 rotações por minuto (rpm) sob refrigeração com água constante, de modo a criar um acesso ao canal radicular (Figura 2).

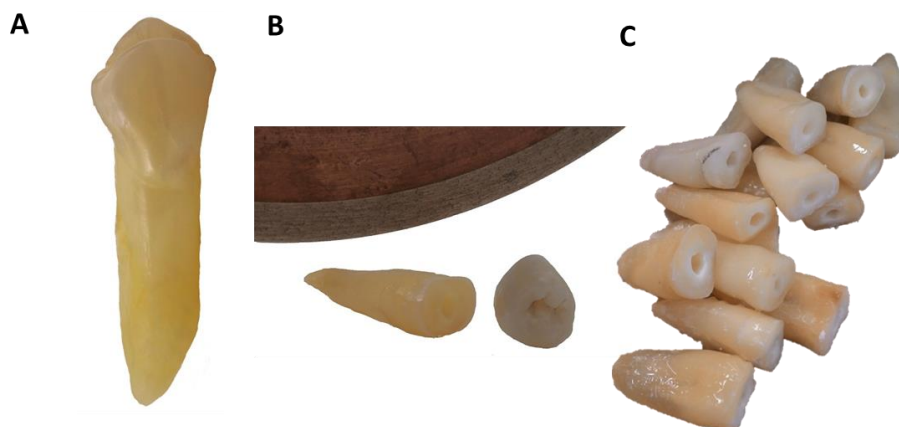


Figura 2- Preparo dos dentes. (A) Pré-molar inferior utilizado no estudo; (B) Imagem ilustrativa do disco de diamante e o seccionamento abaixo da raiz imediatamente abaixo da JCE; (C) Raízes dos pré-molares já com suas coroas seccionadas.

4.2.1 Tratamento endodôntico

O esvaziamento dos condutos foi realizado com limas tipo K (Dentsply Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) # 10, associando solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) 1% para suspensão da matéria orgânica. A instrumentação dos canais foi realizada com NaOCl 1%, sendo o preparo apical realizado até lima # 40; e, em seguida, até lima # 55 pela técnica de escalonamento, padronizando-se assim o diâmetro dos condutos (Figura 3). Após esse procedimento, foi efetuada a neutralização dos canais com soro fisiológico, irrigação final com solução de ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA) 17% (Fórmula e Ação, São Paulo, SP, Brasil) durante 3 min seguidos de irrigação final com soro fisiológico. Terminada a instrumentação, os canais foram secos com pontas de papel absorvente (Dentsply Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) e obturados somente os 4 mm apicais por meio do primeiro passo da técnica de condensação vertical de Schilder, utilizando cones de guta-percha aquecidos (Tanari, Manacapuru, AM, Brasil) e cimento obturador à base de hidróxido de cálcio e óxido de bismuto aglutinados por resina epóxica (Sealer 26, Dentsply Indústria e Comércio Ltda, Petrópolis, RJ, Brasil), o qual foi manipulado de acordo com as instruções do fabricante (Figura 4).

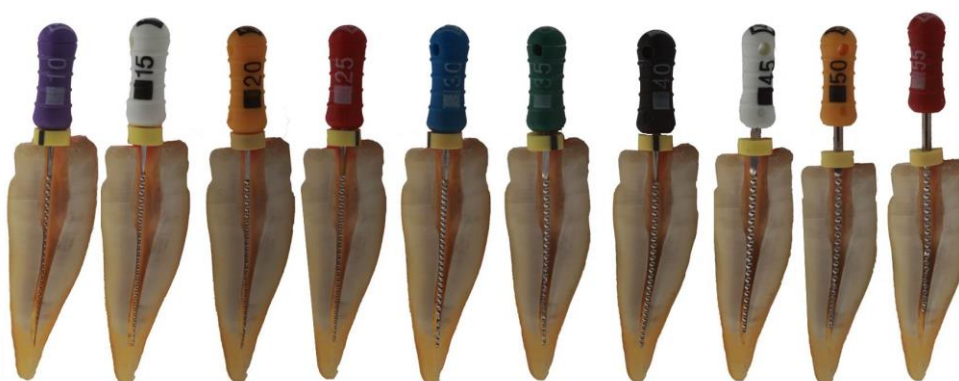


Figura 3- Tratamento endodôntico. Sequência de limas utilizadas para a instrumentação dos canais.

Foram realizadas tomadas radiográficas periapicais dos canais radiculares (Kodak Ultra, Eastman Kodak, NY, EUA) para verificação da completa ausência de material obturador além dos 4 mm apicais dos canais. Em seguida, foi realizado um vedamento da entrada dos canais radiculares de todos os dentes com cimento de ionômero de vidro convencional (Vitro Fil, DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil).

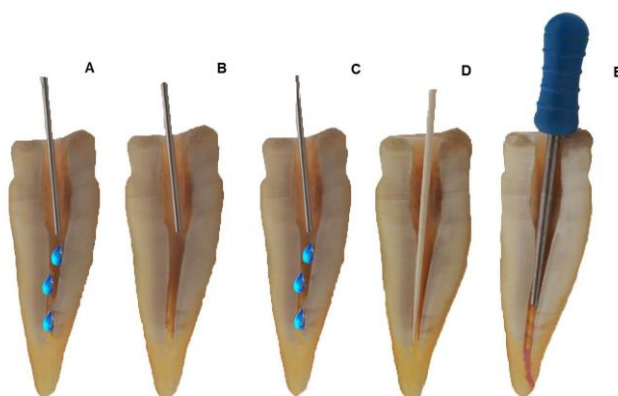


Figura 4- Obturação Endodôntica. (A) Neutralização com soro fisiológico; (B) Aspiração; (C) Irrigação com EDTA; (D) Canal seco com pontas de papel absorvente; (E) Obturação pela técnica de condensação vertical de Schilder.

4.3 PREPARO DO CANAL RADICULAR E GRUPOS EXPERIMENTAIS

Após uma semana de armazenamento em umidade relativa com água destilada a $37^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ os condutos radiculares (N=100) foram preparados, sendo que nessa etapa as raízes foram aleatoriamente divididas em dois

grupos (n=50), em função do instrumento rotatório utilizado para preparo do conduto radicular: **Broca Carbide (C)** e **Ponta Diamantada (D)**.

No grupo com broca carbide, o preparo dos condutos foi realizado com a broca carbide correspondente ao pino Whitepost DC nº 2 (FGM, Joinville, SC, Brasil) (Figura 5). No grupo ponta diamantada, os condutos foram preparados com uma ponta diamantada tronco-cônica nº4138 FF (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil) adaptada em baixa rotação (Figura 5). O comprimento de trabalho (CT) foi de 10 mm para todos os dentes, respeitando o limite apical do material obturador de 4 mm. A cada quatro preparos a broca de preparos dos canais foi substituída. Após o preparo mecânico dos canais radiculares, os canais foram irrigados com 10 mL de água destilada e secos com jato de ar por 3 s e duas pontas de papel absorvente calibre 40 (Dentsply Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil).

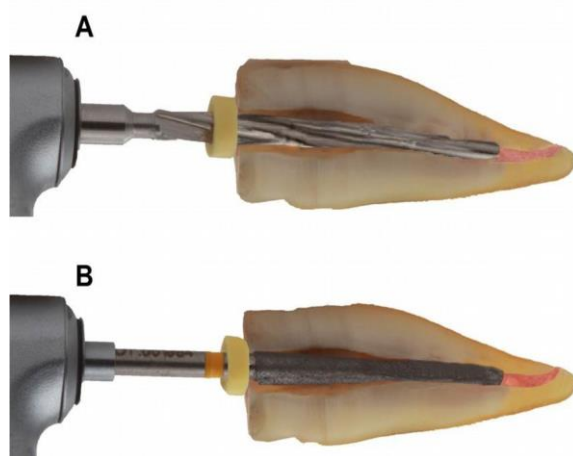


Figura 5- Preparo do canal com diferentes instrumentos rotatórios. (A) Preparo do conduto realizado com broca carbide; (B) Preparo do conduto realizado com ponta diamantada nº4138 FF adaptada em baixa rotação.

4.4 AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA ULTRAESTRUTURAL DA *SMEAR LAYER*

Duas raízes de cada grupo (n=2) foram aleatoriamente selecionadas para avaliação morfológica ultraestrutural da qualidade da *smear layer* obtida após o preparo dos canais radiculares com os diferentes instrumentos. Para

facilitar a fragmentação da raiz e conseqüente exposição da luz do canal, foram confeccionados dois sulcos longitudinais de orientação na superfície radicular externa dos dentes com auxílio de um disco diamantado de dupla face adaptado em baixa rotação, um na face vestibular e outro na lingual, bem como dois sulcos transversais no colo anatômico, um na face vestibular e outro lingual, tomando-se o cuidado para não atingir o interior dos canais radiculares. Neste instante, usando um cinzel (instrumento cortante manual), realizou-se a clivagem longitudinal das raízes, sendo as mesmas divididas em duas hemi-seções de modo a deixar exposta toda a extensão do canal radicular (Figura 6).

Em seguida, as amostras (hemi-seções) foram desidratadas, cobertas com ouro, fixadas em matrizes metálicas e levadas em microscopia eletrônica de varredura (MEV) (Figura 6). Para a análise das imagens obtidas, três fotos aleatórias foram tiradas. Todas as micrografias eletrônicas foram obtidas utilizando a mesma ampliação (5k X) (Camargo et al.⁸³ 2008).



Figura 6- Hemi-seções metalizadas e fixadas em uma matriz metálica para análise em MEV.

4.5 PROCEDIMENTOS ADESIVOS

Em todos os grupos, foi cimentado o pino de fibra de vidro Whitepost DC nº 2 (FGM, Joinville, SC, Brasil). Antes de iniciarem os procedimentos de cimentação, todos os pinos foram seccionados transversalmente, por meio de um disco diamantado de dupla face (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil) sob refrigeração em água constante, resultando em 13 mm de comprimento, de

uma maneira que 10 mm do pino atingiu o comprimento de trabalho radicular, e os outros 3 mm serviu como um guia para a distância do aparelho fotoativador durante os procedimentos de fotoativação dos espécimes. Desta maneira, além de ser padronizada a distância da fotoativação, foi possível verificar o completo assentamento dos pinos nos condutos preparados (10 mm). Ainda, previamente ao procedimento de cimentação, os pinos de fibra de vidro foram limpos com álcool 70% durante 5 s conforme especificação do fabricante.

4.5.1 Estratégias de adesão e subgrupos experimentais

Nessa etapa, as 48 raízes restantes de cada grupo foram divididas de acordo com o sistema de cimentação (sistema adesivo universal associado com seu respectivo cimento resinoso): **Single Bond Universal/RelyX™ ARC** (SB [n=24]) e **Prime&Bond elect/Enforce** (PB [n=24]) (Figura 7e 8).



Figura 7- Sistema adesivo Single Bond Universal e cimento resinoso RelyX™ ARC (SB)



Figura 8- Sistema adesivo Prime&Bond elect e cimento resinoso Enforce (PB).

Para cada sistema de cimentação, seus respectivos sistemas adesivos foram utilizados de acordo com as seguintes estratégias de adesão: **etch-and-rinse** (ER [n=12]) e **self-etch** (SE [n=12]); gerando assim 4 grupos experimentais para cada sistema de cimentação utilizado (Quadro 1):

SISTEMA DE CIMENTAÇÃO	INSTRUMENTO ROTATÓRIO/ / ESTRATÉGIA DE ADESÃO
Prime&Bond elect/Enforce	Carbide; <i>etch-and-rinse</i>
	Carbide; <i>self-etch</i>
	Diamantada; <i>etch-and-rinse</i>
	Diamantada; <i>self-etch</i>
Single Bond Universal/RelyX™ ARC	Carbide; <i>etch-and-rinse</i>
	Carbide; <i>self-etch</i>
	Diamantada; <i>etch-and-rinse</i>
	Diamantada; <i>self-etch</i>

Quadro 1- Grupos experimentais para cada sistema de cimentação

Para os grupos que utilizaram o sistema adesivo da maneira **etch-and-rinse** (ER), foi realizado o condicionamento da dentina radicular com com ácido fosfórico condac 37 (FGM, Joinvile, SC, Brasil) a 37% durante 15, lavados com água por 15 s, secos por 5 s com jato de ar e duas pontas de papel absorvente calibre 40 (Dentsply Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) (Figura 9). Para os grupos que utilizaram o sistema adesivo da maneira **self-etch** (SE), não foi realizado o condicionamento ácido, sendo aplicado somente o sistema adesivo universal; nesses grupos (SE), previamente à aplicação do sistema adesivo, os condutos foram lavados com água por 15 s, secos por 5 s com jato de ar e duas pontas de papel absorvente calibre 40 (Dentsply Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil), da mesma maneira como nos grupos ER (Figura 10).

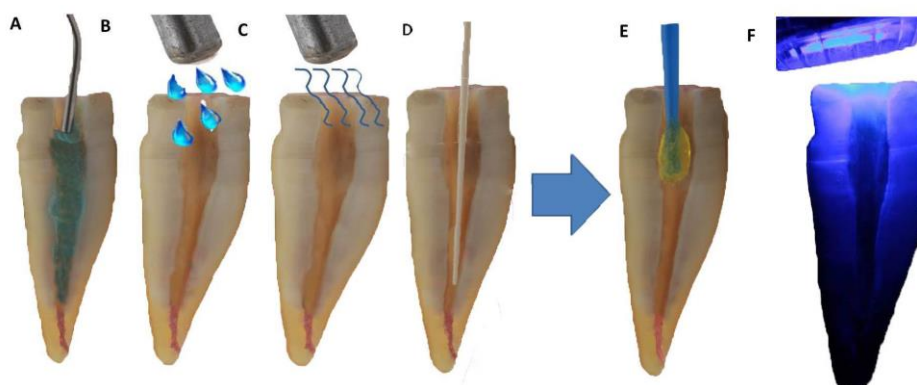


Figura 9- Estratégia de adesão do grupo **ER**. (A) Aplicação do ácido fosfórico 37%; (B) Lavagem com água; (C) Secagem com jato de ar; (D) Secagem com ponta de papel absorvente; (E) Aplicação do sistema adesivo universal; (F) Fotopolimerização.

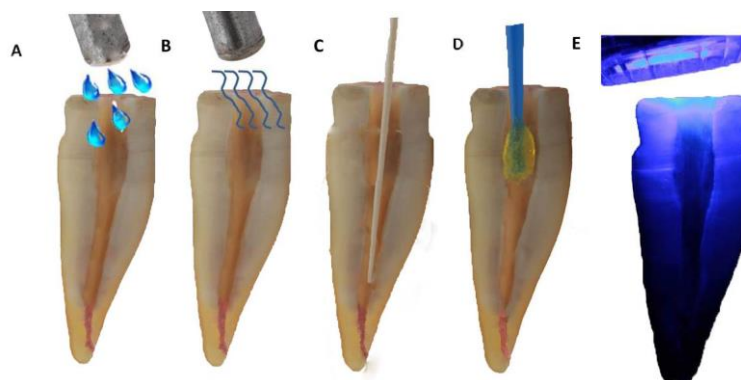


Figura 10- Estratégia de adesão do grupo **SE**. (A) Lavagem com água; (B) Secagem com jato de ar; (C) Secagem com ponta de papel absorvente; (D) Aplicação do sistema adesivo universal; (E) Fotopolimerização.

4.5.3 Cimentação dos pinos

O processo de cimentação dos pinos está descrito nos Quadros 2 e 3 e ilustrado na Figura 11. Sendo que os respectivos cimentos resinosos foram inseridos com auxílio de uma seringa de insulina 100 U.I/cc – 13 x 0,45 mm- 26 G ½ (Descarpac®, São Paulo, SP, Brasil) e agulha calibre 1,20 x 40 mm (BD PrecisionGlide™, Curitiba, PR, Brasil). Previamente ao processo de

cimentação, as agulhas foram seccionadas perpendicularmente ao longo eixo, resultando em 10 mm de comprimento.

SISTEMA ADESIVO/ FABRICANTE/ LOTE	MODO DE CONDICIONAMENTO Etch-and Rinse (ER) e Self- etch (SE)	MODO DE APLICAÇÃO
Single Bond Universal/ 3M ESPE/ 523652 	ER- Aplicar gel de ácido fosfórico 37% no interior do canal endodôntico por 15 s, lavar abundantemente durante 15 s, e secar a dentina por 5 s e aplicar duas pontas de papel absorvente calibre 40. SE- Não é realizado condicionamento ácido; Irrigação com água destilada por 15 s, secar a dentina por 5 s e aplicar duas pontas de papel absorvente calibre 40.	Aplicar o adesivo com um aplicador descartável no interior do canal vigorosamente por 20 s, secar com um ligeiro jato de ar por 5 s para evaporação do solvente, aplicar uma ponta de papel absorvente calibre 40 e fotopolimerizar por 10 s.
Prime&Bond elect/ Dentsply/ 130811 	ER- Aplicar gel de ácido fosfórico 37% no interior do canal endodôntico por 15 s, lavar abundantemente durante 15 s, e secar a dentina por 5 s e aplicar duas pontas de papel absorvente calibre 40. SE- Não é realizado condicionamento ácido; Irrigação com água destilada por 15 s, secar a dentina por 5 s e aplicar duas pontas de papel absorvente calibre 40.	Aplicar o adesivo com um aplicador descartável no interior do canal vigorosamente por 20 s, secar com um ligeiro jato de ar por 5 s para evaporação do solvente e fotopolimerizar por 10 s.

Quadro 2- Modo de aplicação dos sistemas adesivos.

CIMENTO RESINOSO/ FABRICANTE/ LOTE	MODO DE APLICAÇÃO
RelyX™ ARC/ 3M ESPE/ 1426900809 1435200564/1505700641/1425200564 	Manipular as pastas em mesma proporção durante 10 s, aplicar o cimento ao redor e no interior do canal endodôntico com auxílio de uma seringa específica, assentar o pino no interior do conduto, remover o excesso de cimento e fotoativar por 40 s através do remanescente do pino.
Enforce/ Dentsply/ 052813G 908380F/946206G/946205G /962368G 	Manipular as pastas em mesma proporção durante 20 s, aplicar o cimento ao redor e no interior do canal endodôntico com auxílio de uma seringa específica, assentar o pino no interior do conduto, remover o excesso de cimento e fotoativar por 40 s através do remanescente do pino.

Quadro 3- Modo de aplicação dos cimentos resinosos.

Todos os procedimentos de fotoativação foram realizados com um aparelho fotopolimerizador com luz emitida por diodo (Radii Plus, SDI Limited, Victoria, Austrália), com uma intensidade de luz de 1200 mW/cm^2 . Após os procedimentos de cimentação, todas as raízes foram armazenadas em umidade relativa com água destilada a $37^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ durante uma semana.

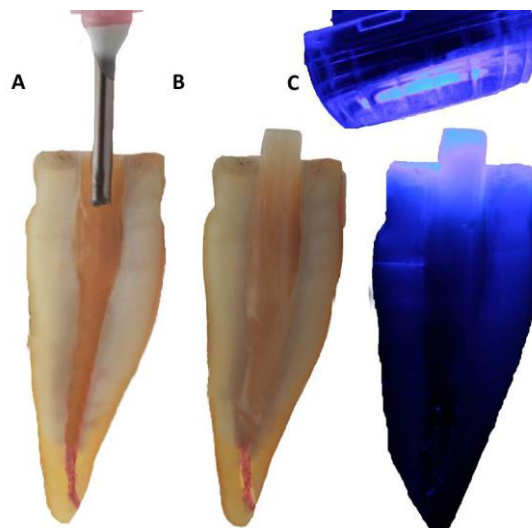


Figura 11- Cimentação dos pinos. (A) Inserção do respectivo cimento resinoso com seringa de insulina, da região apical para a cervical em uma única vez para não formar bolhas; (B) Inserção do pino; (D) Fotopolimerização.

4.6 PREPARO DOS ESPÉCIMES PARA OS DIFERENTES TESTES

Decorrido uma semana dos procedimentos de cimentação 8 dentes de cada grupo foram aleatoriamente selecionados para avaliação da resistência de união do pino de fibra de vidro ao canal radicular e 4 dentes para avaliação da nanoinfiltração no interior da camada híbrida.

Para esse propósito, após o período de armazenagem, os espécimes foram seccionados perpendicularmente em relação ao seu longo eixo com o auxílio de um disco de diamante montado em uma máquina de corte ISOMET 1000 (Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) sob refrigeração com água constante, obtendo-se sete fatias com espessura média de $1\text{ mm} \pm 0,1\text{ mm}$, as quais foram verificadas por meio de um paquímetro digital de precisão de $0,01\text{ mm}$ (Mitutoyo Digimatic Caliper, Tóquio, Japão) (Figura 12). Secções seriadas foram feitas até o aparecimento da guta-percha na região apical. A primeira fatia coronária de todas as raízes foi descartada, pelo fato de apresentar excesso de cimento resinoso.

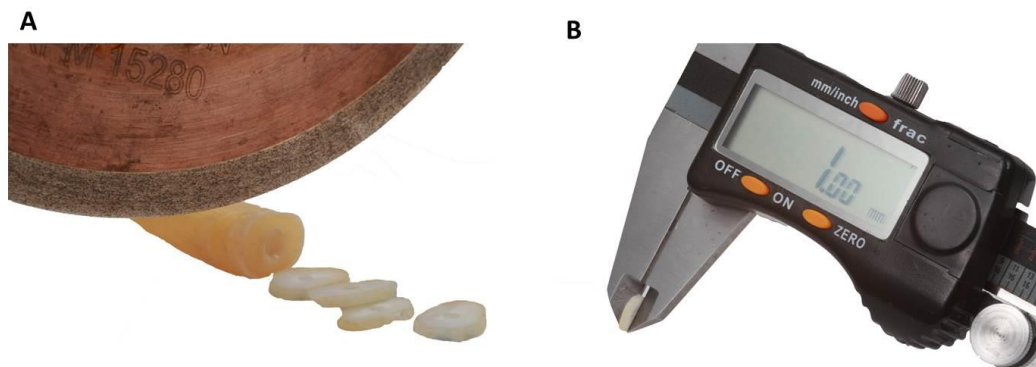


Figura 12- Preparo dos espécimes para os diferentes testes. (A) Obtenção das fatias com disco de diamante. (B) Mensuração da espessura das fatias.

4.7 ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO (RU) POR TESTE DE PUSH-OUT

Previamente ao ensaio de push-out todas as fatias foram fotografadas nos dois lados, com aumento de 40 X, em microscópio óptico (Olympus, modelo BX 51, Olympus, Tóquio, Japão) para aferição dos diâmetros coronário e apical da área interna do canal radicular (pino de fibra + cimento resinoso), com o objetivo de calcular a área adesiva para cada fatia obtida. Esta mensuração foi realizada com o auxílio do Software ImageJ (National Institute of Mental Health, Bethesda, Maryland, EUA).

Em seguida, cada corpo-de-prova foi posicionado sobre um dispositivo metálico com uma pequena abertura central, com sua porção mais coronária posicionada para baixo, de tal forma que a carga exerceu uma força compressiva constante, no sentido apico-coronal até promover o deslocamento do pino intrarradicular (Figura 13). Foram elaboradas pontas metálicas cilíndricas (atuadores) correspondentes ao diâmetro do pino que estará sendo ensaiado (Figura 13). Sendo que nesse estudo foram utilizados três tamanhos de pontas diferentes, sendo o diâmetro desta um pouco menor que o diâmetro do pino utilizado. Para as duas primeiras fatias cervicais utilizou-se uma ponta com 1,6 mm de diâmetro, para as duas fatias da região média uma ponta de 1,2 mm e 0,8 mm para as duas fatias apicais. O atuador foi posicionado no centro de cada fragmento do pino, de modo que a ponta aplicadora da carga

tocou somente a área interna do canal radicular, sem estressar as paredes laterais dos canais radiculares. O conjunto foi ensaiado em uma máquina de ensaio universal (INSTRON Corp, Canton, MA, EUA) com uma célula de carga de 50 Kg a uma velocidade de 0,5 mm/min até o deslocamento do pino.

O valor da carga foi registrado em Newtons (N) e foi calculado o valor da resistência de união em MPa dividindo o valor da carga (N) pelo valor da área adesiva (mm²). A área adesiva (SL) foi estimada por meio da fórmula utilizada para calcular a área de superfície lateral de um cone truncado: $SL = \pi(R + r)[(h^2 + (R - r)^2)^{1/2}]$. Onde π é a constante 3,1416; R representa o raio coronário do canal radicular (mm); r representa o raio apical do canal radicular (mm) e h representa a espessura dos corpos-de-prova (mm).

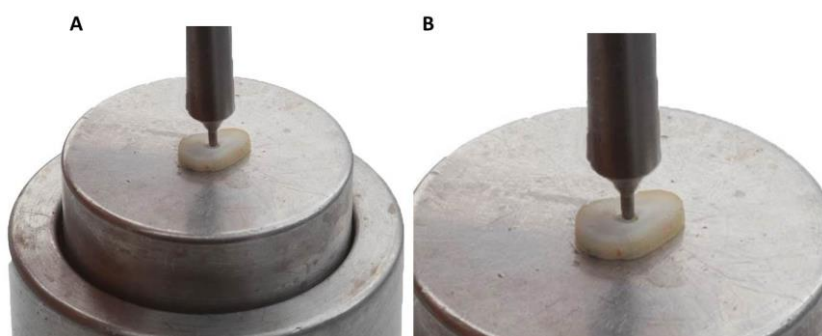


Figura 13- Teste de push-out. (A) Mesa da máquina de ensaio universal com a fatia em posição. (B) Ampliação mostrando a ponta metálica correspondente ao pino e posicionada no centro do mesmo.

4.7.1 Avaliação dos padrões de fratura

Após o ensaio de push-out o padrão de fratura de todos os espécimes foi avaliado em um microscópio óptico (Olympus, model BX 51, Olympus, Tóquio, Japão) com ampliação de 40 X, onde foram classificados em: 1- fraturas adesivas entre cimento resinoso e dentina radicular, 2- fraturas adesivas entre cimento resinoso e pino de fibra, 3- fraturas coesivas de cimento resinoso, 4- fraturas coesivas de pino de fibra, 5- fraturas coesivas de dentina radicular e 6- fraturas mistas.

4.8 ANÁLISE DE NANOINFILTRAÇÃO (NI) EM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA

As fatias obtidas de quatro raízes de cada grupo experimental (n=4) foram usadas para avaliação da nanoinfiltração dentro da camada híbrida. As fatias foram submersas em uma solução traçadora de Nitrato de Prata Amoniacal 50% (AgNO_3NH_4 – Laboratório de química inorgânica, UEPG, Ponta Grossa, PR, Brasil), permanecendo por 24 horas a 37° C, e lavadas posteriormente em água destilada por 2 minutos (Cantoro et al. ¹² 2011)

Em seguida, os espécimes foram imersos em uma solução reveladora (Kodak – Revelador D-76 – Kodak Brasileira, São José dos Campos, SP, Brasil) e expostos à iluminação fluorescente direta por 8 h. Após este tempo, as amostras foram lavadas abundantemente em água corrente.

Os espécimes então foram processados até que fosse possível a visualização dos espaços preenchidos pelo nitrato de prata no interior da camada híbrida e na interface desta com o cimento resinoso e da interface deste com o pino de fibra de vidro, no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Para isso, as amostras foram incluídas em uma base metálica (*stub*) com parafina e polidas sequencialmente com lixas de Carbetto de Silício # 600, 1200, 1500, 2000, 2500 e 3000 em uma máquina de polimento (Politriz, Aropol E – Arotec, Cotia, São Paulo, SP, Brasil) sob refrigeração. Na seqüência, cada espécime foi polido com discos de feltro e pastas diamantadas em granulação decrescente (3,1 μm e 0,25 μm) (FGM, Joinville, SC, Brasil). Entre cada granulação de lixa e de pasta, as amostras foram imersas em água destilada por 10 minutos para remoção de detritos. Após o término do polimento, os espécimes foram mantidos em recipientes contendo sílica coloidal por 48 horas.

Finalizado este processo, as amostras foram metalizadas com uma mistura de ouro e paládio (SC7620 Sputter Coater; Quorum; Ashford, Kent, UK) para serem observadas sob MEV (VEGA3 TESCAN) (Figura 14), operado em vácuo numa potência de 15 kV de voltagem de aceleração, no qual foram

obtidas imagens em elétrons retro espalhados. A porcentagem de nanoinfiltração foi analisada utilizando-se o Software ImageJ (National Institute of Mental Health, Bethesda, Maryland, USA), onde foram obtidas 5 imagens por fatia para cada dente, sendo uma delas em menor ampliação (60X) e em seguida, foi escolhido 4 pontos aleatórios e feita as imagens numa ampliação de 1kx para avaliação da nanoinfiltração. Para cada imagem em maior ampliação, calculou-se o valor da área total da camada híbrida e da área de nitrato de prata infiltrado, dividindo os dois valores e multiplicando por 100, obtendo-se assim a porcentagem de nanoinfiltração. Em seguida, foi feito uma média das 4 medidas obtidas por fatia, sendo obtido posteriormente um valor médio de nanoinfiltração para cada dente.

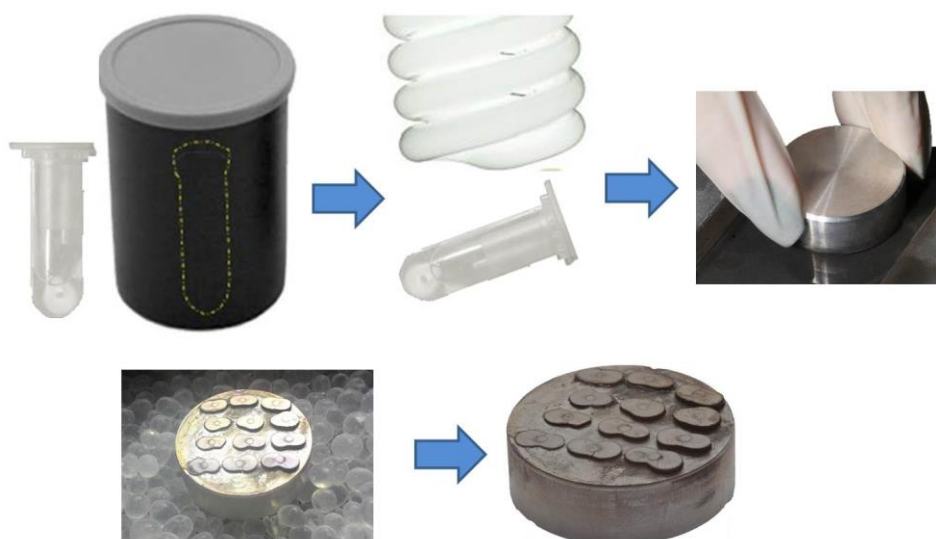


Figura 14- Preparo das amostras para nanoinfiltração. (A) Amostras imersas em solução de nitrato de prata amoniacal 50% e permanecendo por 24h em ambiente escuro; (B) Após lavagem, imersos em solução reveladora por 8 h sob luz fluorescente; (C) Fatias fixadas em base metálica e lixadas a fim de obter um polimento uniforme; (D) Armazenados em sílica por 24h; (E) Amostras metalizadas, prontas para análise em MEV.

4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A unidade experimental para todas as propriedades avaliadas foi a raiz, portanto, foi realizada uma média dos valores obtidos nas fatias de cada

conduto radicular, de forma a obter um valor médio por dente para fins estatísticos.

Os dados obtidos de resistência de união e de nanoinfiltração para cada sistema de cimentação foram submetidos à análise de variância (ANOVA) de 2 fatores, considerando as variáveis os seguintes fatores: instrumento rotatório e estratégia de adesão. A seguir foi aplicado o teste de *Tukey* para as comparações múltiplas. O nível de significância adotado foi de 5% ($\alpha = 0,05$). Os diferentes padrões de fratura foram analisados pelo teste *chi-square* ($\alpha = 0,05$).

Todos os cálculos foram realizados com o pacote estatístico SPSS® (Statistical Package for the Social Science) versão 17.0 (SPSS Inc Chicago Illinois EUA).

5. RESULTADOS

5.1 AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA ULTRAESTRUTURAL DA SMEAR LAYER

Para os diferentes instrumentos rotatórios, foi observada diferença no padrão de *smear layer* formado (Figura 15). Ao realizar o preparo com broca carbide, pode-se observar uma *smear layer* irregular, desorganizada, mais espessa e com maior rugosidade. Já quando o preparo foi realizado com ponta diamantada, foi formada uma *smear layer* regular, lisa, menos espessa, com menor rugosidade e ranhuras superficiais uniformes, podendo ser observada a presença de alguns túbulos dentinários em ambas as imagens.

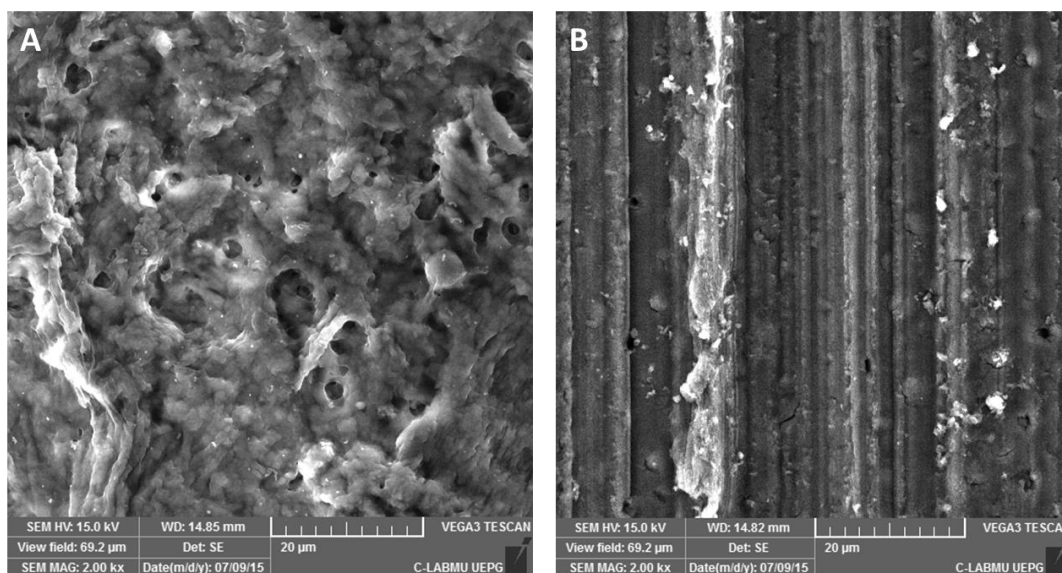


Figura 15- Fotomicrografias representativas em MEV (aumento de 2kx) do preparo realizado com: A) Broca Carbide e B) Ponta Diamantada; mostrando diferenças no padrão de *smear layer* formado.

5.2 RESISTÊNCIA DE UNIÃO

Os resultados para o sistema de cimentação Prime&Bond elect/Enforce (PB) mostraram que a dupla interação (instrumento rotatório vs. estratégia de adesão) não foi significativa ($p = 0,55$), enquanto os fatores principais instrumento rotatório ($p = 0,03$) e estratégia de adesão foram ($p = 0,02$). Maiores valores de resistência de união (média $\pm$ desvio-padrão [DP], MPa) foram observados para o preparo radicular com ponta diamantada (média geral: $7,5 \pm 3,1$) em comparação com a broca carbide (média geral: $5,9 \pm 2,9$) e para a estratégia de adesão *self-etch* (média geral: $8,5 \pm 3,0$) em comparação com a estratégia *etch-and-rinse* (média geral: $5,1 \pm 2,2$) (Tabela 1).

Para o sistema de cimentação Single Bond Universal/RelyX ARC (SB), a interação dupla (instrumento rotatório vs. técnica de condicionamento) também não foi significativa ($p = 0,48$), enquanto os fatores principais instrumento rotatório ($p = 0,001$) e estratégia de adesão foram ($p = 0,01$). Novamente, maiores valores de resistência de união (média $\pm$ DP, MPa) foram observados para o preparo radicular com ponta diamantada (média geral: $11,7 \pm 4,1$) em comparação com a broca carbide (média geral: $6,8 \pm 2,9$) e para a estratégia de adesão *self-etch* (média geral: $10,2 \pm 5,2$) em comparação com a estratégia *etch-and-rinse* (média geral: $8,3 \pm 2,6$) (Tabela 2).

Em relação ao padrão de fratura apenas algumas fraturas coesivas foram observadas em dentina. O padrão de falha adesiva foi predominante (dentina radicular/cimento resinoso) seguido de falha mista (Tabelas 1 e 2). Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os diferentes grupos (teste qui-quadrado, $p > 0,05$, dados não apresentados).

5.3 NANOINFILTRAÇÃO

Para o sistema de cimentação PB, a interação dupla não foi significativa ($p = 0,37$), porém os fatores principais instrumento rotatório ($p = 0,004$) e estratégia de adesão ($p = 0,001$) foram significantes. Menores valores de nanoinfiltração (média $\pm$ DP,%) foram observados para os grupos que utilizaram ponta diamantada (média geral: $20,0 \pm 9,3$) em comparação com a broca carbide ($26,9 \pm 9,2$) e para a estratégia de adesão *self-etch* (média geral: $20,9 \pm 9,5$) em comparação com a estratégia *etch-and-rinse* (média geral: $25,5 \pm 9,9$) (Tabela 1).

Para o sistema de cimentação SB, a interação dupla também não foi significativa ($p = 0,78$), apenas o fator principal instrumento rotatório foi significativo ($p = 0,01$). A ponta diamantada (média geral: $23,8 \pm 8,7$) resultou em menores médias de nanoinfiltração em comparação com a broca carbide (média geral: $31,0 \pm 13,9$) (Tabela 2).

As imagens em MEV da representação de cada condição para análise da nanoinfiltração estão demonstradas nas Figuras 16 e 17.

Tabela 1- Médias e desvios padrões dos diferentes grupos experimentais para o sistema de cimentação Prime&Bond elect/Enforce (PB)

Estratégias de adesão	Resistência de união (MPa)		Nanoinfiltração (%)		Padrão de fratura (*)	
	Carbide	Diamantada	Carbide	Diamantada	Carbide	Diamantada
<i>Etch-and-rinse</i>	4,6 ± 1,1 Bb	5,8 ± 0,8 Ab	30,8 ± 6,0 Bb	21,8 ± 7,1 Ab	41/11/1	34/14/2
<i>Self-etch</i>	7,8 ± 1,8 Ba	9,1 ± 1,8 Aa	23,2 ± 7,2 Ba	19,4 ± 5,8 Aa	44/9/1	37/11/0

Comparações só são válidas dentro da mesma propriedade. Letras diferentes (Maiúsculas: comparação entre instrumentos rotatórios; minúsculas: comparação entre estratégias de adesão) indicam diferenças significativas (p < 0,05).

(*) Adesiva dentina-cimento / mista / coesiva pino ou dentina

Tabela 2- Médias e desvios padrões dos diferentes grupos experimentais para o sistema de cimentação Single Bond Universal/RelyX™ ARC (SB)

Estratégias de adesão	Resistência de união (MPa)		Nanoinfiltração (%)		Padrão de fratura (*)	
	Carbide	Diamantada	Carbide	Diamantada	Carbide	Diamantada
<i>Etch-and-rinse</i>	7,0 ± 1,8 Bb	9,7 ± 1,9 Ab	31,3 ± 7,6 Ba	23,9 ± 6,7 Aa	37/11/0	29/15/4
<i>Self-etch</i>	6,5 ± 1,4 Ba	13,9 ± 2,4 Aa	30,5 ± 6,5 Ba	23,7 ± 7,2 Aa	33/15/0	26/21/6

Comparações só são válidas dentro da mesma propriedade. Letras diferentes (Maiúsculas: comparação entre instrumentos rotatórios; minúsculas: comparação entre estratégias de adesão) indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

(*) Adesiva dentina-cimento / mista / coesiva pino ou dentina

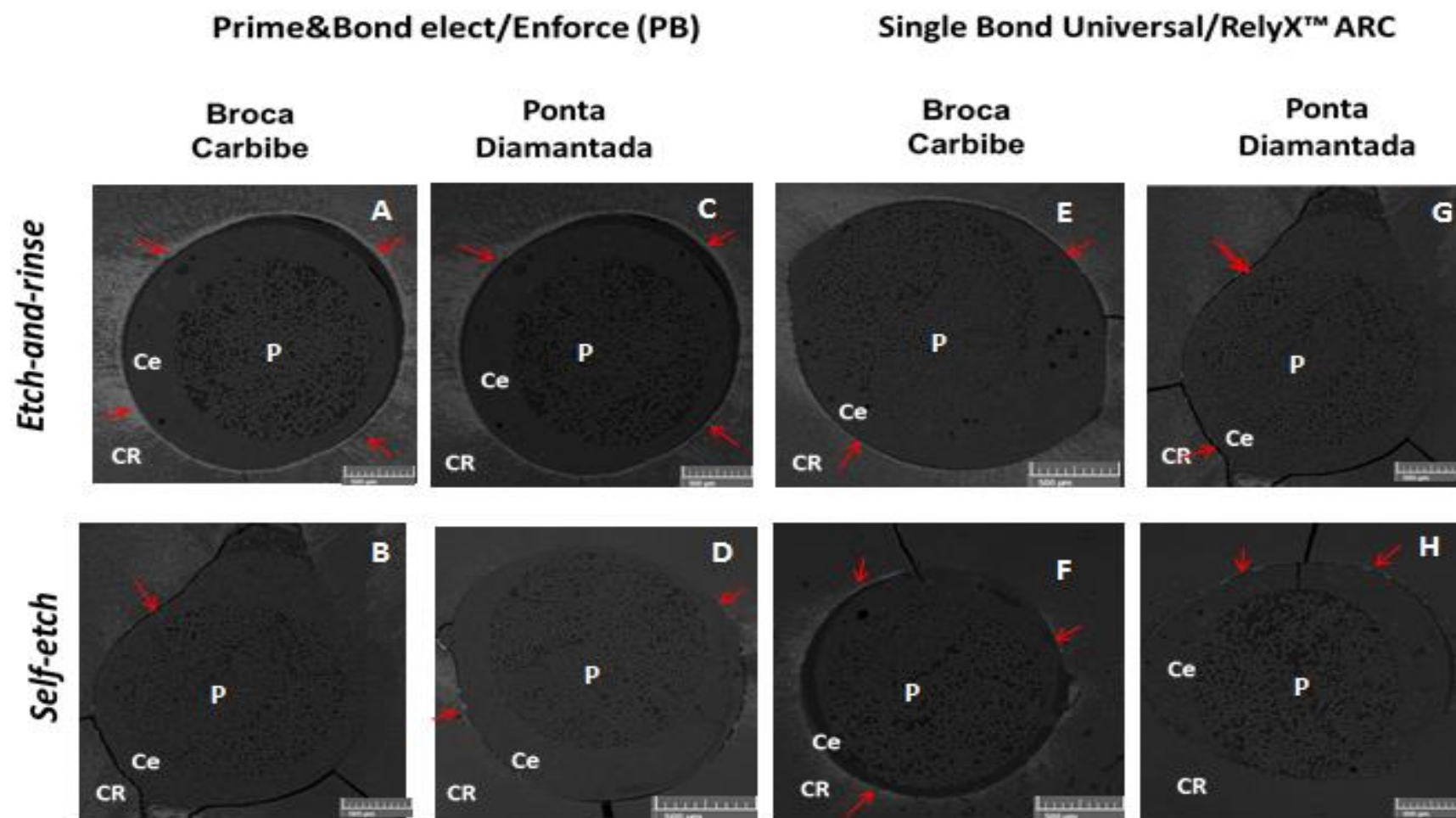


Figura 16 - Fotomicrografias representativas em MEV para cada grupo experimental em menor aumento (60x) para os diferentes sistemas de cimentação e

estratégias de adesão no terço médio do canal radicular. As setas indicam o nitrato de prata infiltrado na camada híbrida A nanoinfiltração foi significativamente reduzida no grupo PBSE em comparação ao PBER, bem como com a PD, em comparação à BC para o mesmo grupo PB. No grupo SB, houve diminuição da nanoinfiltração para a ponta diamantada em comparação à broca carbide (CR = canal radicular; Ce = cimento resinoso; P = pino de fibra de vidro).

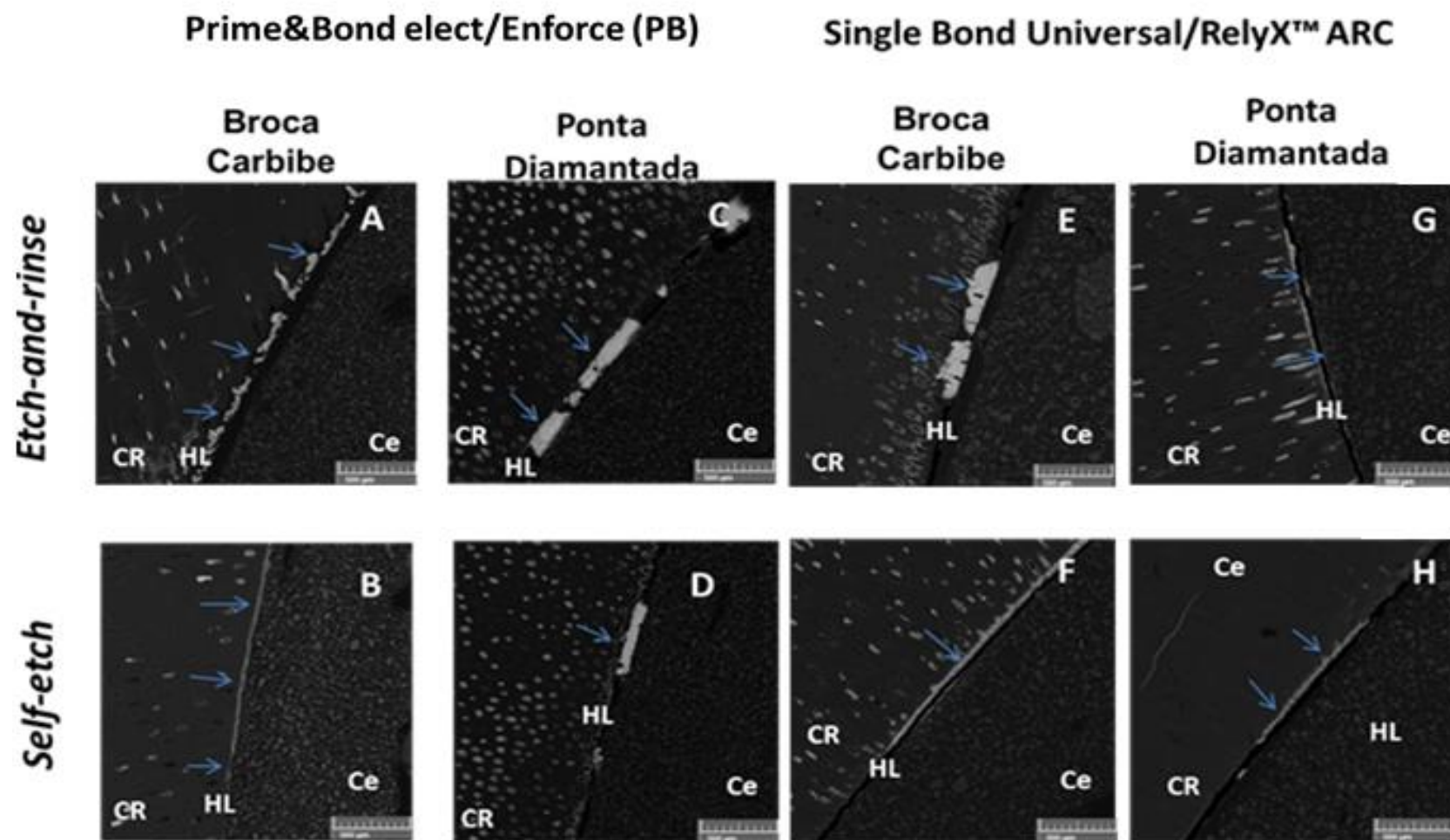


Figura 17- Fotomicrografias representativas em MEV (aumento de 1kx) das interfaces pós-cimentação para os diferentes sistemas de cimentação e estratégias de adesão no terço médio do canal radicular. As setas indicam o nitrato de prata infiltrado na camada híbrida. A nanoinfiltração foi

significativamente reduzida no grupo PBSE em comparação ao PBER, bem como com a PD, em comparação à BC para o mesmo grupo PB. No grupo SB, houve menor nanoinfiltração nos grupos da ponta diamantada em comparação aos grupos da broca carbide (CR = canal radicular; Ce = cimento resinoso; HL = camada híbrida).

6. DISCUSSÃO

Diferentes estudos mostram que a resistência de união pode ser significativamente afetada pelo padrão de *smear layer* formado a partir de diferentes instrumentos rotatórios (Ermis et al. ²¹ 2008; Belli et al. ²² 2011; Yiu et al. ²⁷ 2008) utilizados para preparo do substrato dentário. No presente estudo, maiores valores de resistência de união foram encontrados para os grupos que tiveram os canais radiculares preparados com ponta diamantada em comparação com broca carbide.

A ponta diamantada corta a superfície por abrasão, enquanto a broca carbide corta a superfície pela ação de corte das lâminas, produzindo assim diferentes padrões de *smear layer*. No presente estudo observou-se que a ponta diamantada formou uma camada de *smear layer* menos espessa, com uma superfície mais lisa e uniforme, ao contrário da broca carbide que produziu uma *smear layer* irregular, espessa e desorganizada, de acordo com estudos previamente realizados (Cardoso et al. ²⁰ 2008; Ermis et al. ²¹ 2008; Hegde e Sravanthi ⁶⁵ 2011).

Estudos em dentina coronária (Tani e Finger ⁸⁵ 2002) mostraram que a ponta diamantada de granulação extra-fina produz uma *smear layer* com uma espessura de aproximadamente de $1,0 \pm 0,3 \mu\text{m}$ (Tani e Finger ⁸⁶ 2002), o que facilita sua dissolução, garantindo uma melhor infiltração dos sistemas adesivos, resultando na maior resistência de união (Hegde e Sravanthi ⁶⁵ 2011). A presença de ranhuras superficiais e profundas, também visualizadas neste estudo foi observada em estudos anteriores (Cardoso et al. ²⁰ 2008; Ermis et al. ²¹ 2008; Hegde e Sravanthi ⁶⁵ 2011).

A broca carbide por produzir uma *smear layer* mais desorganizada e espessa (Sencer et al. ⁸⁷ 2001), já não é tão facilmente dissolvida por monômeros ácidos quando comparado com a *smear layer* criada pela ponta diamantada. No entanto, mais estudos micro morfológicos das interfaces resina-dentina, relacionados ao uso de diferentes instrumentos rotatórios, são necessários para esclarecer esta questão.

Para ambos os sistemas de cimentação testados, a estratégia de adesão *self-etch* dos sistemas adesivos universais apresentou maiores valores de resistência de união do pino de fibra ao canal radicular quando comparada à estratégia *etch-and-rinse*. O condicionamento com ácido fosfórico (30-40%) promove a desmineralização da dentina e colabora na remoção da *smear layer*, que conduz à exposição das fibrilas de colágeno (Pashley et al.⁸⁸ 2011); porém, ao se trabalhar clinicamente no canal radicular devem-se levar em consideração algumas dificuldades da estratégia de adesão *etch-and-rinse*. Por se tratar de uma região de difícil visualização e acesso, a remoção completa do ácido fosfórico do canal radicular é dificultada, além de ser difícil alcançar uma umidade ideal da dentina radicular após a lavagem do ácido, sendo também uma técnica sensível à experiência do operador (Gomes et al.²⁵ 2013). Sendo assim, a estratégia de adesão *self-etch* confere uma técnica menos sensível ao se trabalhar no conduto radicular e, de acordo com o presente estudo, uma adesão superior é alcançada ao utilizar os sistemas adesivos universais de modo *self-etch* no canal radicular.

A nanoinfiltração é sugerida na literatura para distinguir o nitrato de prata na infiltração de interfaces adesivas, que ocorre quando há presença de túbulos nanométricos não preenchidos pelo sistema adesivo; e os íons de prata difundem-se nesses espaços livres, possibilitando a penetração de fluidos sob a camada híbrida (Tay et al.⁸⁹ 2005). Sua presença pode ser em parte explicada pelo aprisionamento de água e solvente ocasionando uma polimerização inadequada durante a formação da camada híbrida (Li et al.⁹⁰ 2000; Dickens e Cho⁹¹ 2005).

Em nenhuma das condições experimentais avaliadas nesse estudo foi observada uma interface livre de nanoinfiltração. Sendo que as condições citadas podem ter fornecido espaços nanométricos em torno das fibrilas de colágeno e dentro da camada adesiva para deposição de nitrato de prata (Tay et al.⁹² 2005). Para os grupos que utilizaram o sistema de cimentação Prime&Bond elect/Enforce, a estratégia de adesão *self-etch* apresentou menores valores de nanoinfiltração, comparado ao modo *etch-and-rinse*.

Quando é realizado um condicionamento excessivo em dentina, isso pode expor grandes profundidades de colágeno que os adesivos não são capazes de penetrar, resultando em uma camada de colágeno porosa (Breschi et al.¹⁶ 2008) e susceptível à degradação, resultando em nanoinfiltração. Isso pode explicar o fato da estratégia de adesão *self-etch* ter apresentado os menores valores de nanoinfiltração. Porém, a estratégia de adesão não teve influência para a o sistema de cimentação Single Bond Universal/RelyX ARC

Já, em relação ao preparo do conduto radicular, para ambos os sistemas de cimentação, maiores valores de nanoinfiltração foram encontrados para os canais radiculares preparados com broca carbide em comparação à ponta diamantada. A análise de nanoinfiltração já foi realizada por outros pesquisadores, e foi descrito que os caminhos percorridos pelo nitrato seriam chamados de *watertrees* (Tay e Pashley⁹² 2003), sendo que a densidade e quantidade destas *watertrees* estão relacionadas com a redução da resistência de união e aumento da nanoinfiltração (Okuda et al.⁹³ 2002; Li et al.⁹⁴ 2003). Este fato está de acordo com os resultados deste estudo, onde uma maior quantidade de nitrato de prata infiltrado foi encontrada no grupo preparado com broca carbide, o qual também apresentou menores valores de resistência de união.

Em relação ao padrão de fratura durante a cimentação de pinos de fibra de vidro, a maioria das falhas adesivas encontra-se na interface dentina radicular/cimento resinoso, seguida de fraturas mistas (Radovic et al.⁹⁵ 2008), correlacionando com os dados obtidos nesse estudo. Isso ocorre devido à complexidade da adesão na dentina radicular bem como suas características biológicas e estruturais (De Munck et al.⁵⁶ 2005; Reis et al.⁷⁶ 2007) .

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, sugere-se preparar os condutos radiculares com pontas diamantadas previamente à cimentação de pinos de fibra de vidro e utilizar o sistema adesivo universal na maneira *self-etch*. Entretanto, por se tratar de um estudo *in vitro*, estudos longitudinais e clínicos ainda são necessários para comprovarem tais resultados.

7. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que para melhorar a adesão de pinos de fibra de vidro ao canal radicular pontas diamantadas devem ser utilizadas para o preparo do conduto radicular; e, de maneira geral, os sistemas adesivos universais devem ser utilizados na maneira *self-etch* para obterem resultados satisfatórios de adesão intracanal.

REFERÊNCIAS

1. Asmussen E, Peutzfeldt A, Heitmann T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. *J Dent*. 1999 May;27(4):275-8.
2. Tay FR, Pashley DH. Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. *J Endod*. 2007 Apr;33(4):391-8.
3. Qualtrough AJ, Mannocci F. Tooth-colored post systems: a review. *Oper Dent*. 2003 Jan-Feb;28(1):86-91.
4. Hayashi ME, Shigeyuki. Key factors in achieving firm adhesion in post-core restorations. *Jpn Dent Sci Ver*. 2008;44(6): 22–8.
5. Schmitter M, Rammelsberg P, Lenz J, Scheuber S, Schweizerhof K, Rues S. Teeth restored using fiber-reinforced posts: in vitro fracture tests and finite element analysis. *Acta Biomater*. 2010 Sep;6(9):3747-54.
6. Coelho CS, Biffi JC, Silva GR, Abrahao A, Campos RE, Soares CJ. Finite element analysis of weakened roots restored with composite resin and posts. *Dent Mater J*. 2009 Nov;28(6):671-8.
7. Torabi K, Fattahi F. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored by different FRC posts: an in vitro study. *Indian J Dent Res*. 2009 Jul-Sep;20(3):282-7.
8. Balkenhol M, Wostmann B, Rein C, Ferger P. Survival time of cast post and cores: a 10-year retrospective study. *J Dent*. 2007 Jan;35(1):50-8.
9. Fokkinga WA, Kreulen CM, Bronkhorst EM, Creugers NH. Up to 17-year controlled clinical study on post-and-cores and covering crowns. *J Dent*. 2007 Oct;35(10):778-86.
10. Piovesan EM, Demarco FF, Cenci MS, Pereira-Cenci T. Survival rates of endodontically treated teeth restored with fiber-reinforced custom posts and cores: a 97-month study. *Int J Prosthodont*. 2007 Nov-Dec;20(6):633-9.
11. Salvi GE, Siegrist Guldener BE, Amstad T, Joss A, Lang NP. Clinical evaluation of root filled teeth restored with or without post-and-core systems in a specialist practice setting. *Int Endod J*. 2007 Mar;40(3):209-15.
12. Cantoro A, Goracci C, Vichi A, Mazzoni A, Fadda GM, Ferrari M. Retentive strength and sealing ability of new self-adhesive resin cements in fiber post luting. *Dent Mater: official publication of the Academy of Dental Materials*. 2011 Oct;27(10):e197-204.
13. Sterzenbach G, Franke A, Naumann M. Rigid versus flexible dentine-like endodontic posts--clinical testing of a biomechanical concept: seven-year results of a randomized controlled clinical pilot trial on endodontically treated abutment teeth with severe hard tissue loss. *J Endod*. 2012 Dec;38(12):1557-63.

14. Pashley DH, Tao L, Boyd L, King GE, Horner JA. Scanning electron microscopy of the substructure of smear layers in human dentine. *Arch Oral Biol.* 1988 33(4):265-70.
15. Pashley DH, Carvalho RM. Dentine permeability and dentine adhesion. *J Dent.* 1997 Sep;25(5):355-72.
16. Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, De Stefano Dorigo E. Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater: official publication of the Academy of Dental Materials.* 2008 Jan;24(1):90-101.
17. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J.* 2010 Jan;43(1):2-15.
18. Dias WR, Pereira PN, Swift EJ, Jr. Effect of bur type on microtensile bond strengths of self-etching systems to human dentin. *J Adhes Dent.* 2004 Autumn;6(3):195-203.
19. Sattabanasuk V, Vachiramon V, Qian F, Armstrong SR. Resin-dentin bond strength as related to different surface preparation methods. *J Dent.* 2007 Jun;35(6):467-75.
20. Cardoso MV, Coutinho E, Ermis RB, Poitevin A, Van Landuyt K, De Munck J, Carvalho RC, Van Meerbeek B. Influence of dentin cavity surface finishing on micro-tensile bond strength of adhesives. *Dent Mater: official publication of the Academy of Dental Materials.* 2008 Apr;24(4):492-501.
21. Ermis RB, De Munck J, Cardoso MV, Coutinho E, Van Landuyt KL, Poitevin A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bond strength of self-etch adhesives to dentin prepared with three different diamond burs. *Dent Mater: official publication of the Academy of Dental Materials.* 2008 Jul;24(7):978-85.
22. Belli R, Sartori N, Peruchi LD, Guimaraes JC, Vieira LC, Baratieri LN, Monteiro S, Jr. Effect of multiple coats of ultra-mild all-in-one adhesives on bond strength to dentin covered with two different smear layer thicknesses. *J Adhes Dent.* 2011 Dec;13(6):507-16.
23. Borges AB, da Silva MA, Borges AL, Werkman C, Torres CR, Pucci CR. Microshear bond strength of self-etching bonding systems to ultrasound diamond bur-prepared dentin. *J Adhes Dent.* 2011 Oct;13(5):433-8.
24. Ogata M, Harada N, Yamaguchi S, Nakajima M, Pereira PN, Tagami J. Effects of different burs on dentin bond strengths of self-etching primer bonding systems. *Operative dentistry.* 2001 Jul-Aug;26(4):375-82.
25. Gomes GM, Gomes OM, Reis A, Gomes JC, Loguercio AD, Calixto AL. Effect of operator experience on the outcome of fiber post cementation with different resin cements. *Oper Dent.* 2013 Sep-Oct;38(5):555-64.
26. Serafino C, Gallina G, Cumbo E, Ferrari M. Surface debris of canal walls after post space preparation in endodontically treated teeth: a scanning electron microscopic study. *Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004 Mar;97(3):381-7.

27. Yiu CK, Hiraishi N, King NM, Tay FR. Effect of dentinal surface preparation on bond strength of self-etching adhesives. *J Adhes Dent*. 2008 Jun;10(3):173-82.
28. Scotti N, Rota R, Scansetti M, Migliaretti G, Pasqualini D, Berutti E. Fiber post adhesion to radicular dentin: The use of acid etching prior to a one-step self-etching adhesive. *Quintessence Int*. 2012 Jul-Aug;43(7):615-23.
29. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater: official publication of the Academy of Dental Materials*. 2011 Jan;27(1):17-28.
30. Rosa WL, Piva E, Silva AF. Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2015 Jul;43(7):765-76.
31. Munoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NH. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *J Dent*. 2013 May;41(5):404-11.
32. Wagner A, Wendler M, Petschelt A, Belli R, Lohbauer U. Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *J Dent*. 2014 Jul;42(7):800-7.
33. Munoz MA, Luque-Martinez I, Malaquias P, Hass V, Reis A, Campanha NH, Loguercio AD. In vitro longevity of bonding properties of universal adhesives to dentin. *Oper Dent*. 2015 May-Jun;40(3):282-92.
34. Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *J Endod*. 2004 May;30(5):289-301.
35. Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature--Part 1. Composition and micro- and macrostructure alterations. *Quintessence Int*. 2007 Oct;38(9):733-43.
36. Naumann M, Sterzenbac G, Alexandra F, Dietrich T. Randomized controlled clinical pilot trial of titanium vs. glass fiber prefabricated posts: preliminary results after up to 3 years. *Int J Prosthodont*. 2007 Sep-Oct;20(5):499-503.
37. Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence Int*. 2008 Feb;39(2):117-29.
38. Baba NZ, Golden G, Goodacre CJ. Nonmetallic prefabricated dowels: a review of compositions, properties, laboratory, and clinical test results. *J Prosthodont : official journal of the American College of Prosthodontists*. 2009 Aug;18(6):527-36.
39. Silva GR, Santos-Filho PC, Simamoto-Junior PC, Martins LR, Mota AS, Soares CJ. Effect of post type and restorative techniques on the strain and fracture resistance of flared incisor roots. *Braz Dent J*. 2011 22(3):230-7.
40. Martelli R. Fourth-generation intraradicular posts for the aesthetic restoration of anterior teeth. *Pract Periodontics Aesthet Dent: PPAD*. 2000 Aug;12(6):579-84; quiz 86-8.

41. Morfis AS. Vertical root fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1990 May;69(5):631-5.
42. Testori T, Badino M, Castagnola M. Vertical root fractures in endodontically treated teeth: a clinical survey of 36 cases. *J Endod*. 1993 Feb;19(2):87-91.
43. Ferrari M, Vichi A, Garcia-Godoy F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and cores. *Am J Dent*. 2000 May;13(Spec No):15b-18b.
44. Bonfante G, Kaizer OB, Pegoraro LF, do Valle AL. Fracture strength of teeth with flared root canals restored with glass fibre posts. *Int Dent J*. 2007 Jun;57(3):153-60.
45. Marchi GM, Mitsui FH, Cavalcanti AN. Effect of remaining dentine structure and thermal-mechanical aging on the fracture resistance of bovine roots with different post and core systems. *Int Endod J*. 2008 Nov;41(11):969-76.
46. Martelli H, Pellizzer EP, Rosa BT, Lopes MB, Gonini A, Jr. Fracture resistance of structurally compromised root filled bovine teeth restored with accessory glass fibre posts. *Int Endod J*. 2008 Aug;41(8):685-92.
47. Clavijo VG, Reis JM, Kabbach W, Silva AL, Oliveira Junior OB, Andrade MF. Fracture strength of flared bovine roots restored with different intraradicular posts. *J Appl Oral Sci: revista FOB*. 2009 Nov-Dec;17(6):574-8.
48. Gomez-Polo M, Llido B, Rivero A, Del Rio J, Celemin A. A 10-year retrospective study of the survival rate of teeth restored with metal prefabricated posts versus cast metal posts and cores. *J Dent*. 2010 Nov;38(11):916-20.
49. Barjau-Escribano A, Sancho-Bru JL, Forner-Navarro L, Rodriguez-Cervantes PJ, Perez-Gonzalez A, Sanchez-Marin FT. Influence of prefabricated post material on restored teeth: fracture strength and stress distribution. *Oper Dent*. 2006 Jan-Feb;31(1):47-54.
50. Duret B, Reynaud M, Duret F. [A new concept of corono-radicular reconstruction, the Composipost (2)]. *Chir Dent Fr*. 1990 Dec 6;60(542):69-77.
51. Akkayan B, Gulmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosthet Dent*. 2002 Apr;87(4):431-7.
52. Naumann M, Blankenstein F, Kiessling S, Dietrich T. Risk factors for failure of glass fiber-reinforced composite post restorations: a prospective observational clinical study. *Eur J Oral Sci*. 2005 Dec;113(6):519-24.
53. Ho YC, Lai YL, Chou IC, Yang SF, Lee SY. Effects of light attenuation by fibre posts on polymerization of a dual-cured resin cement and microleakage of post-restored teeth. *J Dent*. 2011 Apr;39(4):309-15.
54. Gbadebo OS, Ajayi DM, Oyekunle OO, Shaba PO. Randomized clinical study comparing metallic and glass fiber post in restoration of endodontically treated teeth. *Indian J Dent Res: official publication of Indian Society for Dental Research*. 2014 Jan-Feb;25(1):58-63.

55. Boschian Pest L, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dent Mater* : official publication of the Academy of Dental Materials. 2002 Dec;18(8):596-602.
56. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, Van Meerbeek B. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*. 2005 Feb;84(2):118-32.
57. Frydman G, Levatovsky S, Pilo R. [Fiber reinforced composite posts: literature review]. *Refuat Hapeh Vehashinayim* (1993). 2013 Jul;30(3):6-14, 60.
58. Gwinnett AJ. Smear layer: morphological considerations. *Oper Dent Suppl*. 1984 (3):2-12.
59. Pashley DH. Smear layer: physiological considerations. *Oper Dent Suppl*. 1984 (3):13-29.
60. Tao L, Pashely DH, Boyd L. Effect of different types of smear layers on dentin and enamel shear bond strengths. *Dent Mater*: official publication of the Academy of Dental Materials. 1988 Aug;4(4):208-16.
61. Ogata M, Harada N, Yamaguchi S, Nakajima M, Tagami J. Effect of self-etching primer vs phosphoric acid etchant on bonding to bur-prepared dentin. *Oper Dent*. 2002 Sep-Oct;27(5):447-54.
62. Gupta R, Tewari S. Effect of rotary instrumentation on composite bond strength with simulated pulpal pressure. *Oper Dent*. 2006 Mar-Apr;31(2):188-96.
63. Malekipour MR, Shirani F, Tahmourespour S. The effect of cutting efficacy of diamond burs on microleakage of class v resin composite restorations using total etch and self etch adhesive systems. *J Dent (Tehran)*. 2010 Fall;7(4):218-25.
64. Peerzada F, Yiu CK, Hiraishi N, Tay FR, King NM. Effect of surface preparation on bond strength of resin luting cements to dentin. *Oper Dent*. 2010 Nov-Dec;35(6):624-33.
65. Hegde J, Sravanthi Y. An in vitro comparison of adhesive techniques and rotary instrumentation on shear bond strength of nanocomposite with simulated pulpal pressure. *J Conserv Dent: JCD*. 2011 Jul;14(3):228-32.
66. Conde A, Mainieri V, Mota EG, Oshima HM. Influence of ultrasound and diamond burs treatments on microtensile bond strength. *Indian J Dent Res: official publication of Indian Society for Dental Research*. 2012 May-Jun;23(3):373-7.
67. Mascarenhas Oliveira AC, Monti Lima L, Santos-Pinto L. Influence of cutting instruments and adhesive systems on hybrid layer formation. *Minerva Stomatol*. 2012 Mar;61(3):57-63.
68. Sherawat S, Tewari S, Duhan J, Gupta A, Singla R. Effect of rotary cutting instruments on the resin-tooth interfacial ultra structure: An in vivo study. *J Clin Exp Dent*. 2014 Dec;6(5):e467-73.

69. Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N, Iwaku M. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J Dent Res.* 1979 Apr;58(4):1364-70.
70. Rosales-Leal JI, Osorio R, Holgado-Terriza JA, Cabrerizo-Vilchez MA, Toledano M. Dentin wetting by four adhesive systems. *Dent Mater: official publication of the Academy of Dental Materials.* 2001 Nov;17(6):526-32.
71. Koibuchi H, Yasuda N, Nakabayashi N. Bonding to dentin with a self-etching primer: the effect of smear layers. *Dent Mater: official publication of the Academy of Dental Materials.* 2001 Mar;17(2):122-6.
72. Hosoya Y, Shinkawa H, Suefiji C, Nozaka K, Garcia-Godoy F. Effects of diamond bur particle size on dentin bond strength. *Am J Dent.* 2004 Oct;17(5):359-64.
73. Sevgican F, Inoue S, Koase K, Kawamoto C, Ikeda T, Sano H. Bond strength of simplified-step adhesives to enamel prepared with two different diamond burs. *Aust Dent J.* 2004 Sep;49(3):141-5.
74. Reis A, Pellizzaro A, Dal-Bianco K, Gones OM, Patzlaff R, Loguercio AD. Impact of adhesive application to wet and dry dentin on long-term resin-dentin bond strengths. *Oper Dent.* 2007 Jul-Aug;32(4):380-7.
75. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjor IA. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. *Am J Dent.* 2000 Oct;13(5):255-60.
76. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003 May-Jun;28(3):215-35.
77. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater: official publication of the Academy of Dental Materials.* 2001 Sep;17(5):430-44.
78. Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, Inoue S, Tagawa Y, Suzuki K, De Munck J, Van Meerbeek B. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res.* 2004 Jun;83(6):454-8.
79. Perdigao J, Sezinando A, Monteiro PC. Laboratory bonding ability of a multi-purpose dentin adhesive. *Am J Dent.* 2012 Jun;25(3):153-8.
80. Perdigao J, Loguercio AD. Universal or Multi-mode Adhesives: Why and How? *J Adhes Dent.* 2014 Apr;16(2):193-4.
81. Hanabusa M, Mine A, Kuboki T, Momoi Y, Van Ende A, Van Meerbeek B, De Munck J. Bonding effectiveness of a new 'multi-mode' adhesive to enamel and dentine. *J Dent.* 2012 Jun;40(6):475-84.
82. Heintze SD, Ruffieux C, Rousson V. Clinical performance of cervical restorations--a meta-analysis. *Dental materials : official publication of the Academy of Dent Mater.* 2010 Oct;26(10):993-1000.

83. Camargo MA, Marques MM, de Cara AA. Morphological analysis of human and bovine dentine by scanning electron microscope investigation. *Arch Oral Biol.* 2008 Feb;53(2):105-8.
84. Luque-Martinez IV, Mena-Serrano A, Munoz MA, Hass V, Reis A, Loguercio AD. Effect of bur roughness on bond to sclerotic dentin with self-etch adhesive systems. *Oper Dent.* 2013 Jan-Feb;38(1):39-47.
85. Perdigao J, Lopes MM, Gomes G. In vitro bonding performance of self-etch adhesives: II--ultramorphological evaluation. *Oper Dent.* 2008 Sep-Oct;33(5):534-49.
86. Tani C, Finger WJ. Effect of smear layer thickness on bond strength mediated by three all-in-one self-etching priming adhesives. *J Adhes Dent.* 2002 Winter;4(4):283-9.
87. Sencer P, Wang Y, Walker MP, Swafford JR. Molecular structure of acid-etched dentin smear layers--in situ study. *J Dent Res.* 2001 Sep;80(9):1802-7.
88. Pashley DH, Tay FR, Breschi L, Tjaderhane L, Carvalho RM, Carrilho M, Tezvergil-Mutluay A. State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater: official publication of the Academy of Dental Materials.* 2011 Jan;27(1):1-16.
89. Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. *J Endod.* 2005 Aug;31(8):584-9.
90. Li H, Burrow MF, Tyas MJ. Nanoleakage of cervical restorations of four dentin bonding systems. *J Adhes Dent.* 2000 Spring;2(1):57-65.
91. Dickens SH, Cho BH. Interpretation of bond failure through conversion and residual solvent measurements and Weibull analyses of flexural and microtensile bond strengths of bonding agents. *Dental materials : official publication of the Academy of Dent Mater.* 2005 Apr;21(4):354-64.
92. Tay FR, Pashley DH. Water treeing--a potential mechanism for degradation of dentin adhesives. *Am J Dent.* 2003 Feb;16(1):6-12.
93. Okuda M, Pereira PN, Nakajima M, Tagami J, Pashley DH. Long-term durability of resin dentin interface: nanoleakage vs. microtensile bond strength. *Oper Dent.* 2002 May-Jun;27(3):289-96.
94. Li H, Burrow MF, Tyas MJ. The effect of concentration and pH of silver nitrate solution on nanoleakage. *J Adhes Dent.* 2003 Spring;5(1):19-25.
95. Radovic I, Mazzitelli C, Chieffi N, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts cemented using different adhesive approaches. *Eur J Oral Sci.* 2008 Dec;116(6):557-63.