

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

JOHANNA LIZBETH CUADROS SÁNCHEZ

**EFEITO DA APLICAÇÃO SÔNICA DE SISTEMAS ADESIVOS NA ADESÃO DE
PINOS DE FIBRA DE VIDRO NO CANAL RADICULAR**

**PONTA GROSSA
2014**

JOHANNA LIZBETH CUADROS SÁNCHEZ

**EFEITO DA APLICAÇÃO SÔNICA DE SISTEMAS ADESIVOS NA ADESÃO DE
PINOS DE FIBRA DE VIDRO NO CANAL RADICULAR**

Dissertação apresentada como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Odontologia na Universidade Estadual de Ponta Grossa, no curso de Mestrado em Odontologia – Área de concentração em Dentística Restauradora.

Orientador Prof. Dr. Alessandro Loguercio.

**PONTA GROSSA
2014**

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

C961 Cuadros Sánchez, Johanna Lizbeth
Efeito da aplicação sônica de sistemas adesivos na adesão de pinos de fibra de vidro no canal radicular/ Johanna Lizbeth Cuadros Sánchez. Ponta Grossa, 2014. 80f.

Dissertação (Mestrado em Odontologia - Área de Concentração: Dentística Restauradora), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Loguercio.

1.Aplicação vibratória. 2.Dentina radicular. 3.Grau de conversão. 4.Nanoinfiltração. 5.Pinos de fibra. I.Loguercio, Alessandro. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Mestrado em Odontologia. III. T.

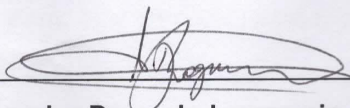
CDD: 617.6

JOHANNA LIZBETH CUADROS SÁNCHEZ

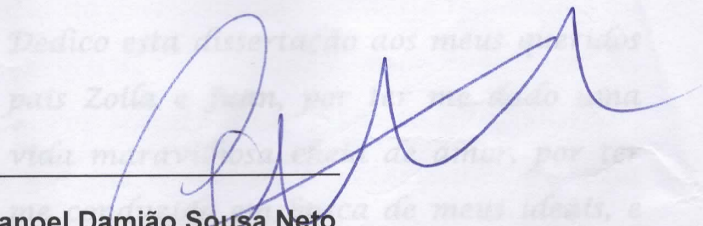
**EFEITO DA APLICAÇÃO SÔNICA DE SISTEMAS ADESIVOS NA ADESÃO
DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO NO CANAL RADICULAR**

Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre na Universidade Estadual de Ponta Grossa, no curso de Mestrado em Odontologia – Área de concentração em Dentística restauradora.

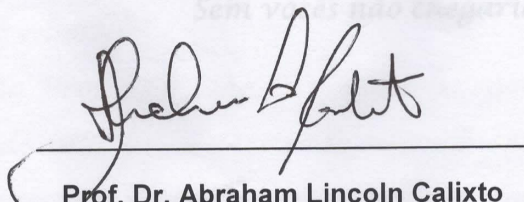
Ponta Grossa, 26 de Fevereiro de 2014



Prof. Dr. Alessandro Dourado Loguercio – Orientador
Universidade Estadual de Ponta Grossa



Prof. Dr. Manoel Damião Sousa Neto
Universidade de São Paulo



Prof. Dr. Abraham Lincoln Calixto
Universidade Estadual de Ponta Grossa

*Dedico esta dissertação aos meus queridos
pais Zoíla e Juan, por ter me dado uma
vida maravilhosa cheia de amor, por ter
me conduzido em busca de meus ideais, e
ter me incentivado a seguir em frente.
Sem vocês não chegaria até aqui!*

Agradecimentos Especiais

A Deus, por iluminar o meu caminho, por guiar minha trajetória, por me dar saúde, força e coragem para poder alcançar meus objetivos e pelas pessoas especiais que colocou em minha vida.

Aos meus pais Zoíla e Juan, pela minha educação, por me apoiarem neste sonho, por confiarem em mim, pelas palavras de incentivo e coragem, pela paciência e grande amor que sempre me dedicaram, por sempre estarem presentes além da distância. Obrigada pelos conselhos, pela força nos momentos difíceis que me ajuda a seguir adiante com todos meus projetos. Não tenho palavras para agradecer tudo o que fazem por mim.

A minha irmã Yadhira, pela amizade e companheirismo, porque mesmo longe sempre estive pronta para me ouvir e apoiar.

A minha avó Lelía, pelo amor incondicional, pelo carinho com que faz as coisas, pela sua preocupação, por sempre pedir a Deus para cuidar de mim.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alessandro Dourado Loguercio, pessoa fundamental no desenvolvimento deste trabalho e no meu crescimento pessoal e profissional, obrigada pela compreensão, paciência, dedicação e apoio. Por sempre estar disposto a me ensinar, por toda a sua dedicação em me orientar, e principalmente pela amizade, pelo carinho e palavras de apoio. Você foi minha inspiração contribuindo para o meu crescimento científico na busca de minha formação como educador.

Ao Prof. Dr. João Carlos Gomes, por ter me oferecido a oportunidade de realizar o Mestrado nesta magnífica Universidade, pelo apoio e preocupação que sempre tem com todos os alunos, você é exemplo de trabalho, força e humildade.

*À Profª. Drª. Osnara Maria Mongruel Gomes,
Coordenadora Geral de Pós-Graduação por não medir esforços na
dedicação e preocupação que ela sempre tem, obrigada por contribuir
no meu crescimento pessoal e profissional.*

Agradecimentos

A todos os professores do curso de Pós-Graduação, pelo tempo de ensino, dedicação e pelos conselhos que contribuíram muito para meu aprendizado.

À Banca de Qualificação composta pela Prof^a. Dr^a. Giovana Mongruel Gomes, e pelo Prof. Dr. Abraham Lincoln Calixto, por participar na minha banca examinadora, obrigada pela disposição em ler meu trabalho e pelas valiosas sugestões.

À Prof^a. Dr^a. Alessandra Reis que supervisionou meu estágio docente na clínica de Dentística Restauradora, obrigada pelos ensinamentos transmitidos e pela amizade.

À Morgana das Graças Procz dos Santos, Secretária do Curso de Pós-Graduação em Odontologia, pela disposição e ajuda oferecida.

Ao técnico de laboratório Dr. Milton Domíngos Michél, pelo apoio e colaboração no trabalho laboratorial.

A todos meus colegas de turma do Mestrado que sempre estiveram dispostos a me ajudar. Obrigada pelo convívio e por terem compartilhado comigo essa etapa de minha vida, que o tempo e a distância não separe o laço de amizade que nos uniu ao longo desse curso.

A minhas grandes amigas Alexandra Mena, Yileng Tay, Ana Rita, pela amizade, carinho e apoio incondicional, por fazer me sentir em casa, por serem um apoio nos momentos mais difíceis e também pelos momentos de descontração. Vocês são um grande exemplo de amizade, a qual tenho o privilégio de fazer parte.

A minha colega de turma, hoje grande amiga Anna Luíza Szesz, pela cumplicidade e parceria que encontre em você, pela compreensão, pelo tempo que você dispôs a me auxiliar no decorrer do curso e também pelos momentos de descontração. Você é uma grande amiga!

A minha amiga Viviane Hass, pela amizade, incentivo constante, por me acompanharem nas minhas conquistas e dificuldades, me apoiando de forma incondicional, você é, sem dúvida, um exemplo de amizade.

Aos meus amigos Fabiane Schreiner, Ana Kovalik, Michelle Bail, Sibelli, Issis Luque, Miguel, John, pela amizade, companheirismo e por estar sempre disponível a me ajudar. Obrigada por terem compartilhado momentos especiais comigo.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa, na pessoa do Prof. Dr, João Carlos Gomes, pela oportunidade a mim oferecida de me formar como Mestre.

Ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, na pessoa de sua coordenadora Prof^a. Dr^a. Osnara Maria Mongruel Gomes, que possibilitou meu crescimento e desenvolvimento profissional.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos no Brasil.

A todos aqueles que de forma direta ou indireta participaram de mais esta etapa em minha vida e no sucesso como estudante.

Obrigada a todos!

*“Aprender é a única coisa de que a mente
nunca se cansa, nunca tem medo e nunca
se arrepende”*

Leonardo Da Vinci

DADOS CURRICULARES
Johanna Lizbeth Cuadros Sánchez

NASCIMENTO	22.02.1987	Arequipa - Perú.
FILIAÇÃO		Zoila Sánchez Bernedo Juan Cuadros Escobedo
	2004/2008	Curso de Graduação Faculdade de Odontología Universidade Catolica de Santa María. Arequipa - Perú.
	2010/2011	Curso de Aperfeiçoamento em Odontologia Restauradora e Estetica. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima – Perú.
	2012/2014	Curso de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, nível de Mestrado em Odontologia - Área de Concentração em Dentística Restauradora.

RESUMO

Cuadros Sánchez JL. **EFEITO DA APLICAÇÃO SÔNICA DE SISTEMAS ADESIVOS NA ADESÃO DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO NO CANAL RADICULAR.** [Tese de Mestrado em Dentística Restauradora – Faculdade de Odontologia], Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2013.

Resumo: A cimentação de pinos dentro do canal radicular ainda é um desafio por causa das dificuldades relativas à adesão, principalmente no terço apical. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da aplicação de três sistemas adesivos convencionais simplificados (Adper Single Bond 2, Ambar e XP-Bond + self cure ativador) manualmente ou através de um dispositivo sônico vibratório na resistência de união por *push-out* (RU), na infiltração de nitrato de prata (NI) e no grau de conversão *in situ* (GC) associado ao cimento resinoso de cada fabricante, quando utilizado para cimentação de pinos. **Métodos:** As raízes de 66 pré-molares humanos foram preparadas e divididas em seis grupos ($n = 11$), de acordo com a seguinte combinação: adesivo/cimento e modo de aplicação. Os pinos foram cimentados de acordo com as instruções do fabricante de cada sistema de cimentação apenas variando o modo de aplicação. Depois do armazenamento em água, as raízes foram seccionadas transversalmente em seis fatias e foram testados em RU (0,5 mm/min). Duas raízes por grupo foram imersas em 50% de nitrato de prata, e após revelação, foram analisadas por MEV para medir a NI. Duas raízes por grupo foram avaliadas por espectroscopia de micro-Raman para medir GC. Os dados foram analisados por análise de variância de 3 fatores de medidas repetidas (terço radicular) e teste de Tukey (5%). **Resultados:** Quando a aplicação sônica vibratória foi utilizada, em geral, se observou um aumento significativo na RU (MPa) (35% e 37% respectivamente) e GC (%) (14% e 38% respectivamente nos terços médio e apical) e diminuição da NI (%) para todos os grupos, principalmente nos terços médio (redução de 64%) e apicais (84%) quando comparada com a aplicação manual ($p < 0,05$) e este fenômeno ocorreu para todos os sistemas adesivos/cimentos testados.

Palavras-chave: Aplicação vibratória, dentina radicular, grau de conversão, nanoinfiltração, pinos de fibra, Push-out, Resistência de uniao.

ABSTRACT

Cuadros Sánchez JL. **EFFECTS OF SONIC APPLICATION OF ADHESIVE SYSTEMS ON BONDING FIBER POSTS TO ROOT CANALS.** [Tese de Mestrado em Dentística Restauradora – Faculdade de Odontologia], Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2013.

Abstract: Luting of posts inside the root canal is still a challenge because of the difficult to bonding mainly in the apical third. The aim of this study was evaluate the influence of the application of 3 simplified total-etch adhesive systems (Adper Single Bond 2 Ambar, and XP-Bond+self-cure activator) under manual mode or sonic vibration on the push-out bond strength (POBS), silver nitrate uptake (SNU) and in situ degree of conversion (ISDC) associated to resin cement when used for luted posts. **Methods:** The roots of 66 human premolars were prepared and divided into six groups (n=11), according to the following combination: adhesive and application mode. The posts were cemented in accordance with the manufacturer's instructions of each cementation system. After water storage, the roots were sectioned transversely into six slabs and it were tested in POBS (0.5mm/min). Two roots for group were data were immersed in 50% silver nitrate, photo-developed and analyzed by SEM to measure the SNU. Two roots for group were evaluated by micro-Raman spectroscopy to measure ISDC. The data were analyzed by 3-way repeated measures ANOVA and Tukey's tests (5%). **Results:** When sonic application was performed, usually there are a significantly increasing on the POBS (MPa) (35% and 37% respectively) and ISDC (%) (14% and 38% respectively in the medium and apical thirds) and decreasing of SNU (%) for all groups mainly in the medium (64% decreasing) and apical (84%) thirds when compared with manually application ($P < 0.05$).

Key-words: Sonic application, root dentin, degree of conversion, nanolake, fiber posts, Pus-out, bond strength.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	A - Dentes pré-molares apresentando as características dos critérios de inclusão; B - Mensuração do comprimento da raiz antes do corte da coroa dentária.....	34
Figura 2	A - Dente sendo seccionado na JCE; B – Mensuração do comprimento da raiz após corte da coroa dentária.....	35
Figura 3	Sequência de limas do tratamento endodôntico.....	36
Figura 4	Sequência do tratamento endodôntico.....	36
Figura 5	Flow-chart dos grupos experimentais.....	38
Figura 6	Dispositivo sônico para aplicação vibratória dos sistemas adesivos.....	42
Figura 7	Sequência do procedimento adesivo.....	43
Figura 8	Sequência da cimentação do pino.....	45
Figura 9	Preparo dos espécimes	46
Figura 10	Seccionamento das fatias com disco de diamante.....	46
Figura 11	A - Fatias obtidas de cada dente (duas fatias para cada terço); B - Mensuração das fatias por meio do paquímetro digital.....	47
Figura 12	Teste de Push out.....	48
Figura 13	A – Eppendorfs contendo as fatias submersos em nitrato de prata; B – Eppendorfs armazenados em um pote escuro fechado; C – Eppendorfs contendo as fatias submersas em solução reveladora expostos à iluminação fluorescente direta; D – Fatias após lavagem na cuba ultrassônica.....	50
Figura 14	A – Fatias coladas na base metálica previamente ao polimento; B – Polimento feito na superfície das fatias sobre a lixa com refrigeração; C – Aspecto após o polimento; D – Armazenamento da base metálica na sílica.....	50
Figura 15	Aspecto metalizado com ouro dos espécimes prévio a serem submetidos ao MEV.....	51

Figura 16	A – Microfotografia do pino; B – Microfotografia específica da camada híbrida de um dos lados do pino para avaliação da quantidade de nitrato de prata infiltrada.....	51
Figura 17	A – Fatia analisada por espectroscopia micro-Raman através de um laser de Neônio; B - Leitura realizada apenas da camada híbrida.....	52
Figura 18	Fotomicrografias representativas MEV das interfaces pós-cimentação de pinos na dentina radicular com diferentes adesivos/cimentos resinosos, no terço apical.....	57
Figura 19	Fotomicrografias representativa do MEV das interfaces pós-cimentação de XP Bond + self-activator/Enforce no terço cervical.....	57
Quadro 1	Pino e broca (composição e descrição) usadas no estudo.....	37
Quadro 2	Grupos experimentais.....	39
Quadro 3	Composição dos materiais utilizados no procedimento de cimentação.....	41
Quadro 4	Modo de aplicação dos materiais utilizados.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Médias e desvios-padrões da resistência de união (RU) por teste de <i>push-out</i> (Mpa) para cada condição experimental, bem como os padrões de fratura.....	55
Tabela 2	Médias e desvios-padrões dos valores de nanoinfiltração (%) obtidos em cada grupo experimental.....	56
Tabela 3	Médias e desvios-padrões do grau de conversão <i>in situ</i> (%) para cada condição experimental.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AgNO ₃ NH ₄	Nitrato de Prata Amoniacal
ANOVA	Análise de variância
AM	Aplicação manual
AV	Aplicação vibratória
BDH	Banco de dentes humanos
Bis-GMA	Bisfenol A glicidilmetacrilato
Cm	Centímetro
Ce	Cimento de ionômero de vidro
CIV	Cimento resinoso
COEP	Comissão de Ética em Pesquisa
CT	Comprimento de trabalho
DC	Duplo cônico
EDTA	Ácido etilenodiaminotetracético
GPa	GigaPascal
GC	Grau de conversão
h	Hora
<i>h</i>	Espessura
HEMA	2- Hidroxietilmetacrilato
HL	Camada híbrida
Hz	Hertz
ISDC	Insitu degree of conversion
I reat	Integral do pico reativo
I ref	Integral do pico de referência
JCE	Junção cimento-esmalte
Kg	Quilograma
Kv	Quilovolt
LEDs	Diodos emissores de luz
MPa	MegaPascal
µm	Micrômetro
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
min	Minuto
mm	Milímetro
mm ²	Milímetros quadrado
mm/min	Milímetro por minuto
mL	Mililitros
n	Número amostral
<i>np</i>	Não amostral
N	Newton
NaOCl	Hipoclorito de sódio
NI	Nanoinfiltração em nitrato de prata
<i>p</i>	Polimerizado
Po	Pino fibra de vidro
POBS	Push-out bond strength
PVC	Policloreto de vinila
<i>R</i>	Raio coronário
RC	Canal radicular
<i>r</i>	Raio apical

rpm	Rotações por minuto
RU	Resistência de união
s	Segundo
SEM	Scanning electron microscope
SNU	Silver nitrate uptake
S _L	Área adesiva
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa

LISTA DE SÍMBOLOS

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

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	20
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	22
2.1	Utilização de pinos na perda de estrutura dentária.....	22
2.2	Cimentação de pinos.....	23
2.3	Técnica de cimentação.....	26
2.4	Técnicas alternativas para melhorar a adesão dos pinos.....	28
2.5	Alternativa para aplicação do adesivo (aplicação vibratória)....	30
3	PROPOSIÇÃO.....	32
3.1	Proposição geral.....	32
3.2	Proposição específica.....	32
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	34
4.1	Seleção dos dentes.....	34
4.2	Preparo dos dentes.....	35
4.2.1	Tratamento endodôntico.....	35
4.2.2	Preparo do canal radicular.....	37
4.3	Grupos experimentais.....	38
4.4	Procedimento Adesivo.....	41
4.5	Cimentação dos pinos.....	42
4.6	Preparo dos espécimes para os diferentes testes.....	45
4.6.1	Divisão dos terços.....	46
4.7	Análise da resistência de união (RU) por teste de push-out.....	47
4.8	Análise do tipo de fratura	49

4.9	Análise da nanoinfiltração (NI) por microscopia eletrônica de varredura MEV.....	49
4.10	Análise do grau de conversão (GC) <i>in situ</i> por espectroscopia micro-Raman.....	51
4.11	Análise Estatística.....	53
5	RESULTADOS.....	54
5.1	Análise da resistência de união (RU) por teste de <i>push-out</i>	54
5.2	Análise da nanoinfiltração (NI) por microscopia eletrônica de varredura MEV.....	56
5.3	Análise do grau de conversão (GC) <i>in situ</i> por espectroscopia micro-Raman.....	58
6	DISCUSSÃO.....	59
7	CONCLUSÕES.....	62
	REFERÊNCIAS.....	63
ANEXO A	Parecer da Comissão de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Ponta Grossa.....	75
ANEXO B	Termo de doação do Banco de Dentes da Universidade Estadual de ponta Grossa.....	79

1 INTRODUÇÃO

A maioria de dentes com tratamento endodôntico que apresentam grande perda de estrutura dentária requerem a cimentação de pinos intracanaís, os quais ajudam a reter uma restauração final (Zicari et al.¹ 2008), além disso, a utilização de pinos de fibra de vidro favorecem uma distribuição mais uniforme de forças no canal e reduzem o risco de fraturas radiculares (Asmussen et al.² 1999, Kremeier et al.³ 2008, Hayashi et al.⁴ 2008). Para maximizar a distribuição de esforços mastigatórios, estes pinos precisam ser cimentados adesivamente, e a utilização de materiais com um módulo de elasticidade semelhante à da dentina, resulta em biomimetismo entre as propriedades da dentina e o pino/cimento (Dietschi et al.⁵ 2008, Goracci et al.⁶ 2011).

A cimentação destes pinos é executada por um cimento resinoso associado a um sistema adesivo convencional de 2 ou 3 passos, os quais utilizam um condicionamento ácido prévio, ou autocondicionantes de 1 ou 2 passos, quando o ácido está associado com o primeiro frasco do adesivo (De Munck et al.⁷ 2005, Ferrari et al.⁸ 2000).

No entanto, uma recente revisão de estudos clínicos mostraram que a perda de retenção continua a ser um dos principais modos de falha, mesmo para pinos diretos cimentados com adesivo e cimento resinoso (Dietschi et al.⁵ 2008, Cagidiaco et al.⁹ 2010) e de acordo com a revisão sistemática sobre adesão endodôntica sugere que a adesão à dentina radicular é muitas vezes inadequada e que as propriedades mecânicas inferiores dos materiais atuais contribuem para o seu desempenho abaixo do ideal (Schwartz¹⁰ 2006). Isto se deve ao fato da cimentação de pinos dentro do canal radicular ainda ser um desafio por causa do acesso limitado, difícil visibilidade e controle de umidade, principalmente no terço apical (Hayashi et al.⁴ 2008). De acordo com Breschi et al.¹¹ 2009 foram encontrados vários fatores que afetam negativamente à adesão dos agentes cimentantes ou interferem com a polimerização da resina, tais como o maior fator-C no interior do canal radicular (Mjor et al.¹² 2001, Tay et al.¹³ 2005).

Levando em consideração estes problemas, algumas estratégias têm sido sugeridas na literatura a fim de melhorar o desempenho dos sistemas adesivos (Schwartz¹⁰ 2006, Hayashi et al.⁴ 2008, Breschi et al.¹¹ 2009), mas essas

estratégias adicionam outros passos ou tempo na prática clínica e os resultados geralmente são controversos.

Um estudo recente demonstrou que a utilização de um dispositivo sônico, com uma frequência ao redor de 170 Hz, pode melhorar a resistência de união de sistemas adesivos à dentina coronária (Mena-Serrano et al.¹⁴ 2013). Isto pode ser explicado já que se tem demonstrado que a aplicação vigorosa manual melhora a resistência de união, através do aumento na evaporação do solvente e também de uma maior penetração no substrato dentinário, uma vez que a aplicação segundo as recomendações do fabricante produz uma difusão limitada na dentina desmineralizada (Hashimoto et al.¹⁵ 2002, Miyazaki et al.¹⁶ 2003). A aplicação do adesivo com fricção faz uma pressão mecânica, que pode causar expansão da malha de colágeno melhorando a penetração do adesivo (Jacobsen et al.¹⁷ 1998, Reis et al.¹⁸ 2007) e, com isto, resultados positivos a longo prazo para adesivos convencionais (Reis et al.¹⁸ 2007) e autocondicionantes simplificados têm sido obtidos (do Amaral et al.¹⁹ 2009, Loguercio et al.²⁰ 2011). Resultados similares foram observados com a aplicação vibratória de adesivos convencionais simplificados e alguns autocondicionantes (Bagis et al.²¹ 2009), em especial ao longo do tempo (Mena-Serrano et al.¹⁴ 2009).

Atualmente, os instrumentos ultrassônicos são usados em diferentes fases do tratamento endodôntico (Plotino et al.²² 2007, Herrera et al.²³ 2013), no entanto, até a extensão de nosso conhecimento, este dispositivo não foi testado anteriormente no canal radicular. Assim, o presente estudo teve como objetivo comparar a resistência de união por *push-out*, infiltração por nitrato de prata e grau de conversão *in situ* de diferentes adesivos convencionais simplificados (dois passos), quando aplicados manualmente ou com um dispositivo de vibração sônico associados com seu respectivo cimento resinoso dual, para a cimentação de pinos de fibra de vidro. A hipótese nula testada foi que não há diferenças nas propriedades testadas de diferentes adesivos quando aplicados manualmente ou com um dispositivo de vibração sônico associado ao cimento resinoso, quando utilizados para cimentação de pinos de fibra de vidro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Utilização de pinos na perda de estrutura dentária

Dentes com lesões de cárie, fraturas, ou restaurações antigas podem vir a resultar em tratamento endodôntico (Mitsui et al.²⁴ 2004), o que pode consequentemente resultar em uma grande perda de estrutura dentária e redução da capacidade de resistência às forças intraorais, uma vez que, quanto mais estrutura dentária for removida, a resistência do dente às forças oclusais diminui, aumentando a possibilidade de fraturas, já que a resistência desses dentes é diretamente proporcional à quantidade de remanescente dentário (Tay et al.²⁵ 2007).

Além disso, dentes tratados endodonticamente, tornam-se enfraquecidos devido a desidratação, que anteriormente era suplementada pela polpa dentária (Assif et al.²⁶ 1994), e também como causa da perda de dentina intrarradicular devido ao procedimento de instrumentação do canal. O que leva, na maioria das vezes, a que esses dentes sejam reconstruídos com ajuda de diferentes tipos de pinos intrarradiculares (Bitter et al.²⁷ 2006) e núcleos de preenchimento para reter a restauração final (Zicari et al.¹ 2008).

Historicamente, os pinos eram confeccionados a partir de metal, resultando em uma incompatibilidade do módulo de elasticidade entre um pino de aço inoxidável (210 GPa) (Martelli²⁸ 2000) e dentina (18,6 GPa) (Martelli²⁸ 2000). Clinicamente (Morfis²⁹ 1990, Testori et al.³⁰ 1993), essa combinação muitas vezes levou a fraturas verticais radiculares irreversíveis, as quais foram associadas a uma alta concentração de tensões agindo ao longo da interface de união entre o pino e a dentina (Barjau-Escribano et al.³¹ 2006). Estes impulsaram o desenvolvimento de pinos de fibra reforçados com resina epóxica, os quais atualmente são bem aceitos para a restauração de dentes tratados endodonticamente (Asmussen et al.² 1999). No entanto, após a introdução desses pinos, falhas adesivas (cl clinicamente referidas como perda de retenção do pino) tornaram-se mais comuns (Monticelli et al.³² 2003).

Inicialmente a filosofia baseava-se em reforçar as estruturas dentárias, prevenindo assim futuras fraturas radiculares. Porém sabe-se hoje que o uso de pinos intrarradiculares não reforça a estrutura dentária; e, estes somente devem ser indicados em casos onde haja pouco remanescente coronário, havendo assim a necessidade de sustentar uma restauração definitiva; pois, de acordo com a

observação biomecânica de um elemento dentário, o eixo rotacional do dente está localizado na altura da sua crista alveolar, e quando a força incide na superfície lingual de um dente, essa se torna a região de fulcro, gerando tensões de tração e compressão; já, no centro do dente, em sentido longitudinal, localiza-se a sua área neutra, lugar em que o pino é introduzido (Assif et al.²⁶ 1994).

De acordo com revisões de literatura sobre o tema, os pinos deveriam apresentar um módulo de elasticidade o mais próximo possível ao da dentina (14,0 – 18,6 GPa); o que possibilitaria uma redução da concentração de tensões, e consequentemente, em uma redução das taxas de fraturas (Tay et al.²⁵ 2007, Akkayan et al.³³ 2002).

Assim para restaurações desses dentes, tem se optado pelo uso de materiais com módulo de elasticidade similar a dentina, sendo que os cimentos resinosos/resinas composta e sistemas adesivos associados aos pinos de fibras de vidro possuem essas características resultando em biomimetismo e favorecendo uma distribuição de tensões mais uniforme à estrutura radicular, reduzindo assim o risco de fraturas radiculares (Qualtrough et al.³⁴ 2003, Kremeier et al.³ 2008, Hayashi et al.⁴ 2008). Os diferentes componentes da reconstrução (pino, cimento, material de reconstrução, adesivo e dentina) constituem um complexo estrutural e mecanicamente homogêneo (monobloco), além de terem a capacidade de aderirem mutuamente um ao outro (Tay et al.²⁵ 2007). Todos estes componentes, além de preservarem a estrutura dental, e terem módulo de elasticidade semelhante ao da dentina; apresentam vantagens, tais como: facilidade de remoção (Mannocci et al.³⁵ 2003), menor tempo de trabalho (Albashaireh et al.³⁶ 2009), possibilidade de cimentação adesiva (Giachetti et al.³⁷ 2004) e resistência à fratura (Ho et al.³⁸ 2011).

2.2 Cimentação de pinos

Pinos de fibra de vidro têm sido um dos materiais mais utilizados para restaurações de dentes tratados endodonticamente, já que proporcionam resultados satisfatórios, além de ter módulo de elasticidade comparável com as resinas compostas, proporcionando maior capacidade de resistência e absorção do impacto, atenuando as vibrações e incrementando as propriedades de resistência à fadiga (Santini et al.³⁹ 2011).

Os pinos de fibra são compostos basicamente por um conjunto de fibras unidirecionais, alinhadas paralelamente, as quais se encontram envoltas por uma matriz resinosa. As fibras são consideradas o componente de reforço dos pinos; e os espaços interfibrilares são definidos a fim de tornar sua composição e morfologia padronizadas (Heck et al.⁴⁰ 2007). A matriz resinosa é constituída por resina epóxica, por seus derivados e, algumas vezes, por substâncias radiopacas. Esta resina epóxica contém grupos metacrilatos disponíveis, o que lhe confere natureza compatível com os monômeros resinosos presentes na constituição dos sistemas de cimentação adesiva, promovendo a adesão química aos materiais de fixação e de preenchimento (Scotti et al.⁴¹ 2003).

Em geral, os pinos de fibra de vidro são fixados ao dente mediante um cimento resinoso auto-adesivo ou cimento resinoso associado a um adesivo para aumentar sua retenção e melhorar o rendimento mecânico dos dentes restaurados (Mendoza et al.⁴² 1997). Estes devem ser biocompatíveis, possuir adesividade às estruturas de contato, baixa solubilidade, alto escoamento, presa rápida quando ativados, tempo de trabalho adequado, alta resistência mecânica, ser insolúveis em meio bucal, de fácil manipulação, compatíveis com os sistemas adesivos atuais e proporcionarem um selamento marginal adequado (Balbosh et al.⁴³ 2006). A cimentação desses pinos deve ser uma cimentação adesiva, seguindo os procedimentos de intervenção mínima da Dentística Restauradora (Boschian et al.⁴⁴ 2002). Contudo, a cimentação realizada por meio de sistema adesivo e cimento resinoso são dependentes de uma união efetiva entre esses componentes adesivos e o substrato dentinário (Rosenstiel et al.⁴⁵ 1998, Ferrari et al.⁸ 2000).

No entanto, um dos grandes desafios está no momento de selecionar adequadamente o sistema com o qual irá realizar-se a cimentação do pino (Fernandes et al.⁴⁷ 2003); visto que vários tipos de sistemas adesivos podem ser usados em combinação com diferentes cimentos resinosos (Bouillaguet et al.⁴⁷ 2003).

A união de materiais restauradores aos substratos dentais ocorre principalmente através da interação micromecânica do agente de união com os tecidos dentais em questão, seja ele o esmalte condicionado ou as fibrilas colágenas expostas na dentina após desmineralização (De Munck et al.⁷ 2005). Por outro lado, a qualidade da adesão está diretamente relacionada à eficiência da penetração dos monômeros resinosos nos espaços interfibrilares, ao completo recobrimento das

fibrilas colágenas pelo adesivo e ainda, pela adequada polimerização do sistema adesivo (Reis et al.¹⁸ 2007).

A retenção dos pinos de fibra depende da qualidade da resistência de união entre o material do pino e o agente resinoso cimentante, assim como da resistência de união entre o cimento resinoso e a dentina radicular (Monticeli et al.⁴⁸ 2008, Prado et al.⁴⁹ 2013). No entanto a causa mais frequente de falha adesiva na adesão de pinos esta na interface cimento/dentina (Ferrari et al.⁸ 2000, Prado et al.⁴⁹ 2013, Malferrari et al.⁵⁰ 2003).

Vários agentes cimentantes têm sido indicados para a cimentação de pinos de fibras de vidro à dentina do canal radicular. A adesão de cimentos resinosos tradicionalmente requer seu uso adjunto com adesivos dentinários, os quais podem ser convencionais ou autocondicionantes (De Munck et al.⁵¹ 2005), segundo o número de passos clínicos necessários para as diferentes etapas que estão envolvidas no protocolo adesivo, isto é condicionamento ácido, *primer* e aplicação de adesivo. Os primeiros necessitam da desmineralização dos substratos antes da aplicação do adesivo. Por outro lado, as etapas de desmineralização e infiltração ocorrem simultaneamente para os adesivos autocondicionantes (Van Meerbeek et al.⁵² 2003).

Os sistemas convencionais podem ser comercializados em 2 ou 3 passos dependendo da associação do *primer* ao adesivo. Os adesivos autocondicionantes podem se apresentar em 2 passos quando incorporam na sua formula monômeros ácidos polimerizáveis junto ao *primer*, ou ainda podem ser comercializados em 1 passo, pela incorporação do bond ou monômero hidrófobo ao *primer* acídico formando assim um único produto (Pashley et al.⁵³ 2001).

Apesar da evolução dos sistemas adesivos sua degradação depende de fatores como sua capacidade de infiltração nos substratos dentinários, o tipo de substrato onde é realizada a adesão, a distribuição homogênea dos monômeros resinosos na zona de interdifusão resinosa e da eficiente polimerização destes (Breschi et al.⁵⁴ 2008).

O uso de sistemas adesivos convencionais utiliza o condicionamento prévio com ácido fosfórico, após lavagem, *primer* e/ou adesivo são aplicados nessa dentina desmineralizada resultando em uma adesão micromecânica, sendo um procedimento de cimentação mais estável quando são usados adesivos de 3 passos

(De Munck et al.⁷ 2005). O sistema adesivo convencional não simplificado aumenta a adaptação interfacial do cimento de cura *dual* porque tem sua penetração nos túbulos dentinários aumentada melhorando o padrão da camada híbrida formada. Este sistema também carece de monômeros ácidos que garantem a compatibilidade total com o cimento resinoso (Silva et al.⁵⁵ 2011).

Por outro lado, cimentos resinosos autocondicionantes utilizam adesivos com altas concentrações de monômeros acídicos, os quais simultaneamente desmineralizam e infiltram-se sobre a *smear layer* (Monticelli et al.⁴⁸ 2008). Os adesivos autocondicionantes de dois passos englobam a *smear layer* na camada híbrida, apresentando igual efetividade quando comparados aos adesivos autocondicionantes de 1 passo (Pashley et al.⁵³ 2001).

2.3 Técnica de cimentação

O procedimento da cimentação dos pinos representa um importante passo no seu uso clínico (Goracci et al.⁵⁶ 2007), e, em geral, é um passo crítico no procedimento restaurador. Por isso todos os passos que possam melhorar a qualidade da interface adesiva devem ser executados a fim de se alcançar os melhores resultados clínicos (Jongsma et al.⁵⁷ 2010).

A maioria dos fracassos clínicos ocorre devido a falhas durante a cimentação desses pinos, resultando em seu desprendimento do canal radicular por falta de retenção (Malferrari et al.⁵⁰ 2003, Monticelli et al.⁴⁸ 2003, Cagidiaco et al.⁵⁸ 2007, Naumann et al.⁵⁹ 2008, Bitter et al.⁶⁰ 2009).

Como todo processo adesivo, o sucesso da união de pinos estéticos ao dente esta sujeito à qualidade de união pino-cimento-dentina. Mesmo diante de tantas controvérsias e desafios, as restaurações retidas por pinos de fibra apresentam um bom desempenho clínico quando corretamente indicadas (Ferrari et al.⁸ 2000, Hedlund et al.⁶¹ 2003, Grandini et al.⁶² 2005, Mannocci et al.⁶³ 2005, Signore et al.⁶⁴ 2009).

Sendo considerada a adesão à dentina a mais susceptível, a resistência de união entre o cimento resinoso e a dentina pode ser influenciada por uma grande quantidade de fatores como: tensão de contração (fator-C) gerada na interface entre adesivos e cimentos, já que segundo estudos que avaliaram os fatores geométricos que podem afetar na adesão dentinária no interior dos canais

radiculares concluíram que o fator-C elevado torna-se o maior obstáculo para adesões intrarradiculares livres de fendas, visto que as tensões geradas pela contração de polimerização podem exceder à resistência de união na dentina radicular, permitindo assim o rompimento de um dos lados a fim de relaxar as tensões, reduzindo a retenção e aumentando consequentemente a infiltração (Tay et al.¹³ 2005), a dificuldade em controlar a umidade dentro do canal radicular (Bonfante et al.⁶⁵ 2008), o tipo de agente de condicionamento utilizado (Ozturk et al.⁶⁶ 2004, Erdemir et al.⁶⁷ 2004), e o uso de cimentos endodônticos que possuem eugenol em sua formulação (Goracci et al.⁶ 2011, Dietschi et al.⁵ 2008, Leirskar et al.⁶⁸ 2000, Baldissara et al.⁶⁹ 2006, Demiryurek et al.⁷⁰ 2010). Além disso, a presença da *smear layer*, a qual contém colágeno cortado, fibras e cristais de hidroxiapatita apresenta-se como uma camada de consistência fraca que pode interferir na adesão (Koibuchi et al.⁷¹ 2001, Goracci et al.⁷² 2005).

Além disso, a polimerização de materiais fotoativados é um procedimento que fica comprometido pela dificuldade da irradiação direta da luz em regiões profundas (Foxton et al.⁷³ 2003).

A fragilidade e sensibilidade da técnica, bem como a experiência e a habilidade do operador são fatores que também podem afetar a adesão no interior dos canais radiculares (Ferrari et al.⁸ 2000, Gomes et al.⁷⁴ 2012). Estudos tem demonstrado que a experiência clínica do operador pode influenciar nos valores de resistência de união de sistemas adesivos a dentina coronária (Sano et al.⁷⁵ 1998, Miyazaki et al.⁷⁶ 2000), e que a variabilidade relacionada aos operadores foi mais importante que o material testado em relação à formação de gaps na interface dentina-resina (Jacobsen et al.⁷⁷).

Ao contrário de superfícies planas de dentina coronária, a cavidade do canal radicular parece ser um substrato de união difícil devido a vários fatores já mencionados, os quais apresentam acesso limitado para as paredes do canal para aplicação do adesivo e/ou evaporação do solvente (Schwartz¹⁰ 2006, Breschi et al.¹¹ 2009), o que poderia afetar negativamente o desempenho do adesivo sobre a dentina do canal radicular. Tendo presente que fatores como o tipo de solvente dos sistemas adesivos (Reis et al.⁷⁸ 2003), tempo de secagem e distância do jato de ar (Kanca et al.⁷⁹ 1996) são preponderantes para o sucesso da técnica, a pequena abertura da cavidade faz que a evaporação eficaz de água/solvente em regiões mais profundas do canal radicular torne-se dificultada. Outros autores mencionaram que

aumentando a distância até a superfície da dentina coronária durante a secagem do ar reduz significativamente a evaporação de solventes adesivos autocondicionantes, reduzindo a resistência de união (El-Askary et al.⁸⁰ 2011). Assim, a estratégia de evaporação de água/solvente antes da fotoativação é muito importante, para melhorar a adesão à dentina radicular.

Resultados adversos também foram observados quando as instruções dos fabricantes de sistemas adesivos não foram seguidas de maneira correta pelo operador (Peutzfeldt et al.⁸¹ 2002).

2.4 Técnicas alternativas para melhorar a adesão dos pinos

Com o objetivo de melhorar a adesão dos pinos de fibra no conduto radicular foram avaliadas diferentes técnicas nos diferentes substratos (pino, dentina) e nos diferentes materiais (adesivo e cimento).

Alguns estudos já demonstraram que com o uso de um microbrush, o mecanismo de adesão criado entre a dentina radicular e o sistema adesivo é mais uniforme ao longo das paredes do canal, em comparação com um pincel (Vichi et al.⁸² 2002). Dessa maneira, os autores sugeriram que um microbrush pode ser clinicamente usado no procedimento de adesão de pinos de fibra no canal radicular ao invés de um pincel (Ferrari et al.⁸³ 2001), para assegurar uma melhor qualidade dos procedimentos adesivos em toda a extensão do canal radicular (Vichi et al.⁸² 2002).

Outro fator importante a considerar nos sistemas adesivos é a evaporação do solvente/água em regiões mais profundas do canal radicular, já que uma camada adesiva espessa concentrada na região apical do canal radicular contém maior quantidade de água/solvente, o que aumentaria a dificuldade da sua evaporação (Zheng et al.⁸⁴ 2001, De Munck et al.⁸⁵ 2007). Em relação a este tópico, estudos sugerem o uso adicional de pontas de papel absorvente após o jato de ar, com o qual demonstraram um aumento significativo da resistência de união no terço apical, em comparação com apenas o uso do jato do ar ou pontas de papel. Outra vantagem é que o uso da ponta de papel adicional pode minimizar o excesso de adesivo na região apical facilitando a remoção de água/solvente (Thitthaweerat et al.⁸⁶ 2013, Souza et al.⁸⁷ 2007).

Em relação aos cimentos, outras técnicas também foram avaliadas para melhorar a retenção dos pinos de fibra no canal radicular usando diferentes métodos de aplicação do agente cimentante. Assim, a aplicação do cimento resinoso no interior do canal foi avaliada usando lântulo espiral, injetando o material com uma seringa específica ou aplicação do cimento apenas sobre a superfície do pino, sendo este último o que apresentou os piores resultados (D'Arcangelo et al.⁸⁸ 2008). Mas neste caso, quando for usado cimento resinoso *dual* ou autopolimerizável, deve-se evitar o prolongamento da etapa do uso de lântulo, pois o calor gerado pela rotação pode acelerar a reação de presa do cimento, e esse endurecimento dificulta o assentamento do pino no momento da cimentação. Além disso, a aceleração da reação de presa pode levar ao aprisionamento de bolhas de ar no cimento, visto que não há tempo suficiente pra o completo escoamento do cimento e refluxo do ar para fora do conduto (Schwartz et al.⁸⁹ 2004). Porém, a utilização de diferentes técnicas para a inserção do cimento resinoso no conduto radicular influencia a resistência de união e a capacidade de selamento do cimento. Sendo assim, a utilização de seringas apresenta uma distribuição mais uniforme do cimento bem como valores mais baixos de nanoinfiltração (Watzke et al.⁹⁰ 2008) e homogeneidade da interface cimento-pino (D'Arcangelo et al.⁸⁸ 2008).

Enquanto adesivos e cimentos resinosos estão sendo estudados em relação à cimentação adesiva de pinos, não se tem abordado muito o papel da viscosidade (gel ou líquido) do ácido no condicionamento e na resistência de união, levando em consideração que a aplicação não homogênea dos procedimentos de condicionamento e de adesão leva a uma perda de adesão crítica em regiões apicais (Foxton et al.⁷³ 2003). Porém, estudos têm demonstrado que na região apical, o uso de ácido líquido levou a uma maior resistência de união, quando comparado com o ácido gel. Assim pode se considerar que o ácido líquido pode ser uma alternativa viável para garantir um melhor condicionamento na região apical do canal radicular, por causa da diminuição da sua viscosidade, apresentando uma melhor capacidade de molhabilidade e baixa energia de superfície em comparação com o ácido gel, e desta forma melhorando a capacidade de alcançar as regiões mais profundas no canal radicular (Salas et al.⁹¹ 2011).

Outro fator na procura do aumento da resistência de união é a silanização na superfície do pino, que sem dúvida é o tratamento mais investigado na literatura atual para melhorar a resistência de união (Monticelli et al.⁴⁸ 2008); mas

tem se demonstrado resultados controversos sobre a eficiência da sinalização do pino, já que segundo alguns autores não demonstrou um aumento na retenção de pinos de fibra de vidro (Bitter et al.²⁷ 2006, Bitter et al.⁹² 2007), mesmo que outros relataram uma melhoria na resistência de união (Goracci et al.⁷² 2005, Aksornmuang et al.⁹⁴ 2004, Perdigão et al.⁹⁴ 2006). No entanto, a resistência interfacial é ainda relativamente baixa (Goracci et al.⁷² 2005). Uma possível razão é a ausência de uma união química entre os compostos à base de resina (metacrilato) e a matriz de pinos de fibra, as quais são muitas vezes feitas de resina epóxi (Lassila et al.⁹⁵ 2004). Uma vez que o silano não tem uma boa união com a matriz de resina epóxi, a resistência de união entre a fase de resina epóxi do pino de fibra e a resina a base de metacrilato do compósito não deve ser aumentada. A união química através de silano pode apenas ser alcançado entre o composto de resina e as fibras de vidro expostas no pino (Liu et al.⁹⁶ 2001).

2.5 Alternativa para aplicação do adesivo (aplicação vibratória)

Baseado no tópico anterior, pode-se verificar que as técnicas que têm sido estudadas tentam melhorar o padrão de condicionamento da dentina intraradicular ou de inserção do cimento dentro do canal. Pouco tem sido discutido cientificamente sobre a melhor forma de aplicar o adesivo nas paredes do conduto radicular.

Um estudo recentemente publicado demonstrou que a utilização de um dispositivo vibratório, com uma frequência de oscilação de 170 HZ, melhorou a resistência de união de sistemas adesivos na dentina coronal (Mena-Serrano et al.¹⁴ 2013). A técnica vibratória mostrou-se efetiva para adesivos autocondicionantes ao aumentar os valores de resistência de união tanto imediatos quanto ao longo do tempo. Outros estudos que avaliaram a aplicação ativa, manual ou mecânica, para diversos sistemas adesivos têm demonstrado a eficiência da técnica (Chan et al.⁹⁷ 2003, Velasquez et al.⁹⁸ 2006, Dal-Bianco et al.⁹⁹ 2006, Reis et al.¹⁰⁰ 2008, Do Amaral et al.¹⁹ 2009). É bem provável que estas formas de aplicação mais ativas permitam uma melhor difusão dos monômeros nos substratos dentais ao mesmo tempo em que permite uma melhor evaporação dos solventes presentes na composição do adesivo (Dal-Bianco et al.⁹⁹ 2006, Miyazaki et al.¹⁰¹ 1996) além de

promover a dissolução da smear layer para alcançar uma melhor interação micromecânica com o substrato subjacente (Chan et al.⁹⁷ 2003).

O uso de aparelhos ultrassônicos oferece muitas aplicações e vantagens durante o tratamento endodôntico clínico, conforme recente revisão de literatura sobre o tema. O uso destes dispositivos possibilita ter uma abordagem mais conservadora na remoção seletiva da estrutura dentária, particularmente em situações difíceis permitindo acesso a áreas restritas de trabalho, oferecendo oportunidades que não são possíveis com o tratamento convencional. É útil também na localização dos canais calcificados, remoção de instrumentos ou pinos, gerando resultados mais previsíveis (Plotino et al.²² 2007). Além disso, melhor ação de soluções de irrigação, já que tem se demonstrado uma melhora significativa na capacidade de soluções de irrigação para remover o smear layer nos diferentes terços do canal radicular (Herrera et al.²³ 2013), melhorando a qualidade do tratamento e sucesso em longo prazo (Plotino et al.²² 2007).

Devido às escassas informações quanto ao estabelecimento de aplicação do adesivo nas paredes do canal radicular, faz-se necessário o avanço das pesquisas nesta área para melhorar o potencial de materiais já existentes e o sucesso clínico da retenção do pino dentro do canal radicular.

3 PROPOSIÇÃO

3.1 Proposição geral

O propósito deste trabalho foi avaliar propriedades adesivas entre o pino e dentina radicular através de cimento resinoso e sistemas adesivos convencionais utilizando aplicação vibratória e manual no tempo imediato.

3.2 Proposição específica

- 1- Avaliar a resistência de união por *push-out* de diferentes sistemas adesivos na cimentação de pinos de fibra de vidro utilizando aplicação vibratória sônica e manual.
- 2- Avaliar a nanoinfiltração de diferentes sistemas adesivos na cimentação de pinos de fibra de vidro utilizando aplicação vibratória sônica e manual.
- 3- Avaliar o grau de conversão *in situ* de diferentes sistemas adesivos na cimentação de pinos de fibra de vidro utilizando aplicação vibratória sônica e manual.

A hipótese nula deste estudo foi:

1. Não há diferenças na resistência de união, de diferentes adesivos quando aplicados manualmente de forma passiva ou com um dispositivo de vibração sônico associado ao cimento resinoso, quando utilizado para cimentar pinos de fibra de vidro.
2. Não há diferenças na nanoinfiltração, de diferentes adesivos quando aplicados manualmente de forma passiva ou com um dispositivo de vibração sônico associado ao cimento resinoso, quando utilizado para cimentar pinos de fibra de vidro.
3. Não há diferenças no grau de conversão *in situ*, de diferentes adesivos quando aplicados manualmente de forma passiva ou com

um dispositivo de vibração sônico associado ao cimento resinoso, quando utilizado para cimentar pinos de fibra de vidro.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Seleção dos dentes

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Estadual de Ponta Grossa, de acordo com o protocolo 268.529 (Anexo A). Para realização deste estudo foram selecionados 66 dentes pré-molares unirradiculares permanentes obtidos por meio do Banco de Dentes Humanos (BDH) da UEPG (Anexo B).

Previamente ao estudo, os dentes foram limpos com curetas periodontais (Duflex, SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) e armazenados em água destilada à temperatura ambiente, até seu uso. Os dentes selecionados para o presente estudo apresentaram os seguintes critérios de inclusão: isentos de cárie dentária, de dilacerações radiculares ou tratamento prévio do conduto, com um comprimento radicular medido até a junção cimento-esmalte (JCE) de pelo menos 14 mm (Figura 1 A – B).

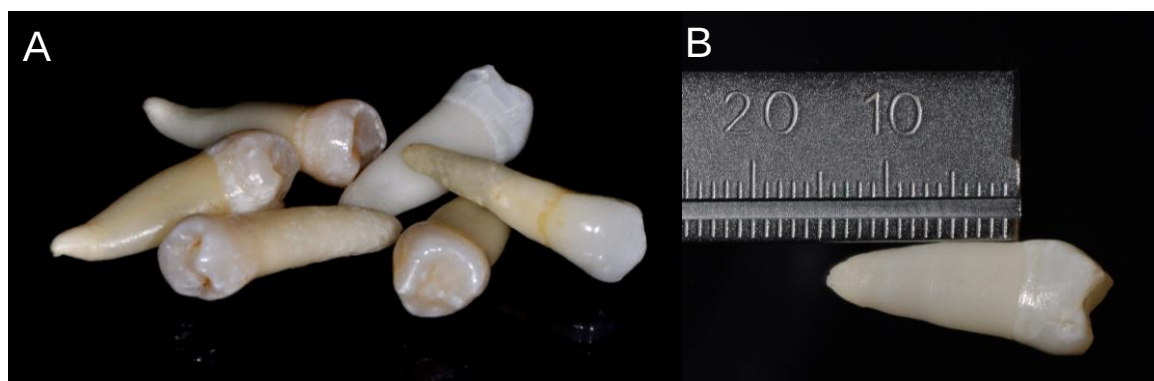


Figura 1 – **A** - Dentes pré-molares apresentando as características dos critérios de inclusão; **B** - Mensuração do comprimento da raiz antes do corte da coroa dentária.

4.2 Preparo dos dentes

Todos os procedimentos foram realizados por um mesmo operador. Os dentes foram seccionados perpendicularmente em relação ao seu longo eixo, abaixo da JCE, com auxílio de um disco de diamante montado em uma máquina de corte ISOMET 1000 (BuehlerTM, Lake Bluff, IL, EUA), na velocidade de 300 rpm, sob refrigeração constante com água, de modo a criar acesso ao canal radicular e obter um mesmo comprimento. O comprimento da raiz foi medido com régua milimétrica (Figura 2 A-B).

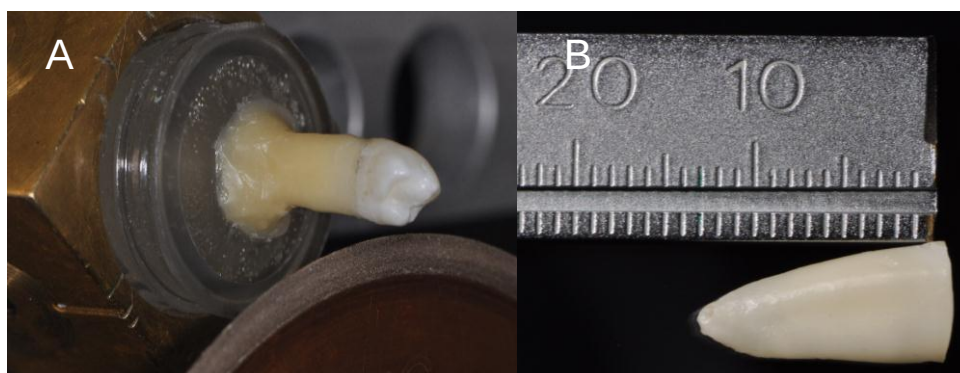


Figura 2 – **A** – Dente sendo seccionado na JCE; **B** – Mensuração do comprimento da raiz após corte da coroa dentária

4.2.1 Tratamento endodôntico

O esvaziamento dos condutos foram realizados com limas tipo K (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) # 15, associado com soluções de hipoclorito de sódio (NaOCl) 1% para permitir a suspensão da matéria orgânica. Toda a instrumentação dos canais foi realizada com NaOCl 1%, e o preparo apical realizado até a lima # 40 e, em seguida até a lima # 55 pela técnica de escalonamento para padronizar o diâmetro dos condutos de todos os dentes (Figura 3). A neutralização dos canais foi realizada com soro fisiológico, irrigação e aspiração final com (ácido etilenodiamino tetra-acético) EDTA 17% (Fórmula e Ação, São Paulo, SP, Brasil) durante 3 minutos, seguido de uma irrigação final com soro fisiológico. Os canais foram secos com pontas de papel absorvente (Dentsply Maillefer, Petrópolis, RJ,

Brasil) e obturados apenas os 4 mm apicais pela técnica de condensação vertical de Schilder, com cones de guta-percha aquecidos (Tanari, Manacapuru, AM, Brasil) e um cimento obturador à base de resina epóxica (AH Plus, Dentsply Indústria e Comércio Ltda, Petrópolis, RJ, Brasil) manipulado segundo as recomendações do fabricante (Figura 4 A-G).

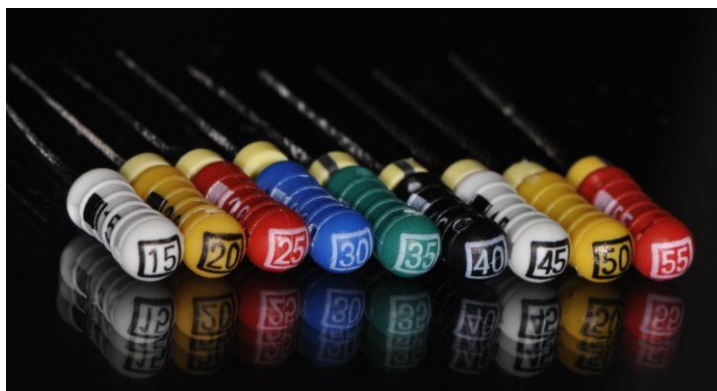


Figura 3 – Sequência de limas do tratamento endodôntico.

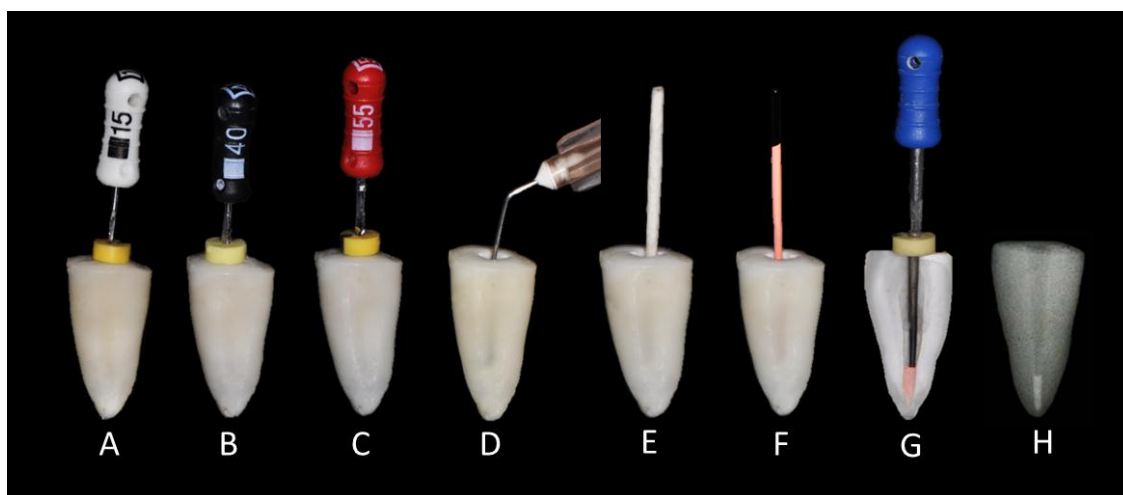


Figura 4 - Sequência do tratamento endodôntico. **A** – Instrumentação inicial (lima # 15); **B** – Preparo apical até a lima # 40; **C** – Técnica de escalonamento até a lima # 55; **D** – Irrigação com soro fisiológico e EDTA 17%; **E** – Secagem com ponta de papel absorvente; **F** – Prova do cone de guta percha no canal radicular; **G** – Obturação do canal (Condensação vertical de Schilder); **H** – Radiografia periapical do canal radicular.

No final do tratamento foram realizadas radiografias periapicais das raízes (películas radiográficas Kodak Ultra, Eastman Kodak, NY, EUA) a fim de verificar ausência do material nas paredes do canal e material obturador somente nos 4 mm apicais (Figura 4 H). Depois foi feito um vedamento das entradas dos condutos com cimento de ionômero de vidro (CIV) Vitro Fil (DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil).

4.2.2 Preparo do canal radicular

Após uma semana de armazenamento em água destilada a $37^{\circ} \pm 1^{\circ}$ C, o preparo dos condutos foi realizado para a posterior fixação de um pino intrarradicular duplo cônico nº 2 (White Post DC nº 2 FGM) (Quadro 1). O preparo dos canais foi realizado com as brocas indicadas pelo fabricante do sistema de pinos White Post DC, adaptadas em um aparelho de baixa rotação, com o objetivo de facilitar a adaptação exata do pino dentro do canal radicular, respeitando um limite apical do material obturador de 4 mm. A cada cinco preparos a broca foi substituída.

Quadro 1. Pino e broca (composição e descrição) usados no estudo.

Figura	Composição	Descrição
	Fibra de vidro, resina Epóxi, carga inorgânica, silano, promotores de polimerização.	Diâmetro coronário 1,8 mm Diâmetro apical 1,05 mm
		Comprimento 20 mm

4.3 Grupos experimentais

Os dentes foram aleatoriamente divididos em 2 grupos (n=33), de acordo com a técnica de aplicação do sistema adesivo: manual passiva – MP; sônica vibratória - SV, sendo subdividido em 3 subgrupos cada (n=11), de acordo com o sistema adesivo associados aos seus respectivos cimentos (Figura 5): Ambar e All Cem (AMA) – [FGM Produtos Odontológicos – Joinville, SC, Brasil]; Adper Single Bond 2 e RelyX ARC (SBR) - [3M ESPE, St. Paul, MN, EUA]; XP Bond + Self cure activator (XPE) – [Dentsply, DeTrey, Konstanz, Germany] (Quadro 2 e 3). A fotoativação foi realizada com um aparelho fotopolimerizador à base de luz emitida por diodo (Raddi call-SDI, Victoria, Australia), com uma intensidade de luz de 1200 mW/cm², intensidade monitorada constantemente com um radiômetro (Curing Radiometer Model 100, Demetron Research Corporation, Danbury, CT, EUA).

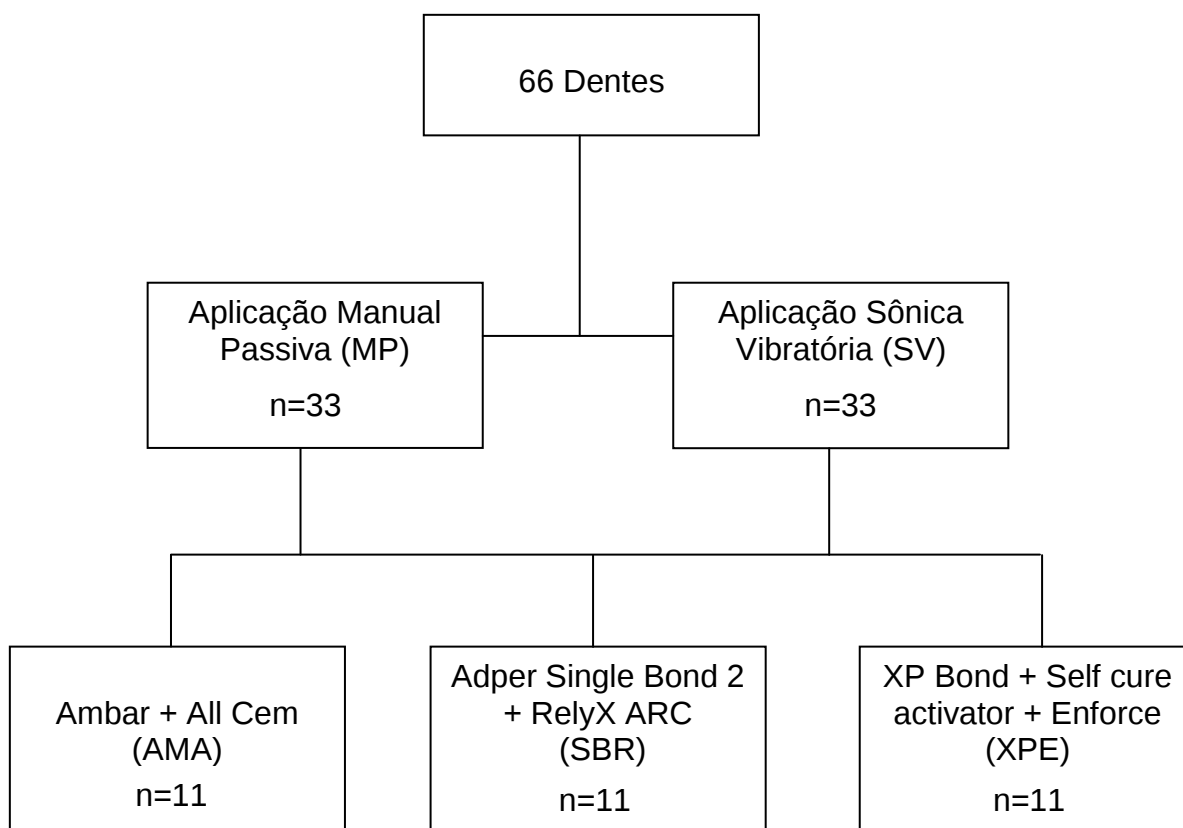


Figura 5 – Flow-chart dos grupos experimentais.

Grupos (técnica de aplicação do adesivo)	Subgrupos	Adesivos	Cimentos	Fabricante
Aplicação Manual Passiva (MP)	AMA MP	Ambar	All Cem	FGM
	SBR MP	Adper Singe Bond 2	RelyX ARC	3M ESPE
	XPE MP	XP Bond + Self cure activator	Enforce	Dentsply
Aplicação Sônica Vibratória (SV)	AMA SV	Ambar	All Cem	FGM
	SBR SV	Adper Singe Bond 2	RelyX ARC	3M ESPE
	XPE SV	XP Bond + Self cure activator	Enforce	Dentsply

Quadro 2 – Grupos experimentais

Imagem do material	Material - Fabricante	Composição	Lote
	Acido fosfórico - FGM	Acido fosfórico 37%, espessante, corante e água deionizada	210213
	Adesivo Ambar - FGM	MDP (10 – Metacriloiloxidecil dihidrogênio fosfato), monômeros metacrilatos, fotoiniciadores, co- iniciadores e estabilizante; nanopartículas de sílica e etanol	121212
	Adesivo Adper Single Bond™ 2 - 3M ESPE	Etanol, bisfenol A diglicil metacrilato, 2- hidroxietil metacrilato, sílica tratada com silano, diuretano dimetacrilato, copolímero do ácido acrílico e ácido itacônico e glicerol 1,3 dimetacrilato.	N334650BR

	Adesivo XP Bond + Self cure activator - Dentsply	Adesivo: Ácido carboxílico dimetacrilato modificado, resina TCB, ácido fosfórico modificada, resina de acrilato; uretano dimetacrilato de uretano; trietilenoglicol dimetacrilato, 2 – hidroxietil metacrilato; Butil benzenodiol (estabilizador), Etil-4-dimetilaminobenzoato; Camforoquinona; sílica amorfa funcionalizada, t-butanol Ativador: sulfinato de sódio aromático (iniciador de autopolimerização), acetona, etanol. 1110000361 691442E
	Cimento resinoso All Cem - FGM	Bisfenol-A-diglicidileter dimetacrilato, bisfenol-A-dimetacrilato etoxilado diglicidileter e trietileno glicol dimetacrilato, co-iniciadores, iniciadores (canforquinona e peróxido de dibenzoíla) e estabilizantes. Micro-Partículas de vidro de bário-alumínio silicato e nanopartículas de dióxido de silício 300113
	Cimento resinoso RelyXTM ARC - 3M ESPE	Pasta A: Bisfenol A diglicil metacrilato, trietileno glicol dimetacrilato, partículas inorgânicas de zircônia e sílica (68% em peso), fotoiniciadores, amina e pigmentos. Pasta B: bisfenol A diglicil metacrilato, trietileno glicol dimetacrilato, peróxido de benzoíla, partículas inorgânicas de zircônia e sílica (67% em peso). N401734

	Cimento resinoso Enforce (base e catalizador) - Denstplay	Base: Trietileno glicol dimetacrilato, Uvinul M40, bencil dimetil amina, Nupol, bisfenol A diglicil metacrilato,, Vidro de Boro Silicato, Alumínio e Bário Silanizado Silice pirolítico Silanizado, Canforquinona, pigmentos, minerais, dihidroxietil-p-toluidine. Catalizador: Vidro de Boro Silicato de, Alumínio e Bário Silanizado, Silice Pirolítico Silanizado, Pigmento Mineral, Nupol, bisfenol A diglicil metacrilato, butil hidroxitolueno, Bencil dimetil amina, trietileno glicol dimetacrilato, peróxido de Benzoilo 807320F 839502F
---	--	--

Quadro 3 - Composição dos materiais utilizados no procedimento de cimentação

4.4 Procedimento Adesivo

Foram utilizados 3 sistemas adesivos convencionais simplificados: Adper Single Bond 2 (3M ESPE), Ambar (FGM) e XP Bond (Dentsply). Para cada adesivo foi realizado 2 diferentes técnicas de aplicação:

1. Passiva: o adesivo foi aplicado segundo as recomendações do fabricante (Quadro 4) com um microbrush sem pressão digital proposital.
2. Sônica vibratória: o adesivo foi aplicado segundo as recomendações do fabricante (Quadro 4), porém a aplicação foi feita com microbrush adaptada a um dispositivo sônico vibratório (Figura 6) com vibração de 12.000 rpm ou 170 Hz.



Figura 6 – A - Dispositivo sônico para aplicação vibratória dos sistemas adesivos.

4.5 Cimentação dos pinos

Previamente à cimentação, todos os pinos (n=66) foram cortados transversalmente, mediante um disco de diamante de dupla face (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil) sob refrigeração com água constante, para obter o mesmo comprimento de 13 mm, o qual serviram como uma guia para padronizar a distância do aparelho fotopolimerizador, de tal maneira que 10 mm do pino ficaram no canal radicular e os outros 3 mm servissem como uma guia para a distância do aparelho fotoativador. Além disto, foi possível verificar o completo assentamento dos pinos nos condutos, verificando os 3 mm que ficaram fora do canal.

Todos os pinos de fibra de vidro (White Post DC FGM Produtos Odontológicos – Joinville, Santa Catarina, Brasil) foram limpos com álcool 70% durante 5 segundos e aplicação de 1 minuto de silano (FGM Produtos Odontológicos – Joinville, Santa Catarina, Brasil). Após o preparo do espaço dos canais, foram irrigados com 10 mL de água destilada, finalmente os canais foram secos com 3 segundos de jato de ar e 2 pontas de papel absorvente calibre 80 (Dentsply Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil).

O processo de cimentação dos pinos de fibra de vidro foi realizado segundo as recomendações de cada fabricante e de acordo com os subgrupos experimentais (Figura 7 e 8).

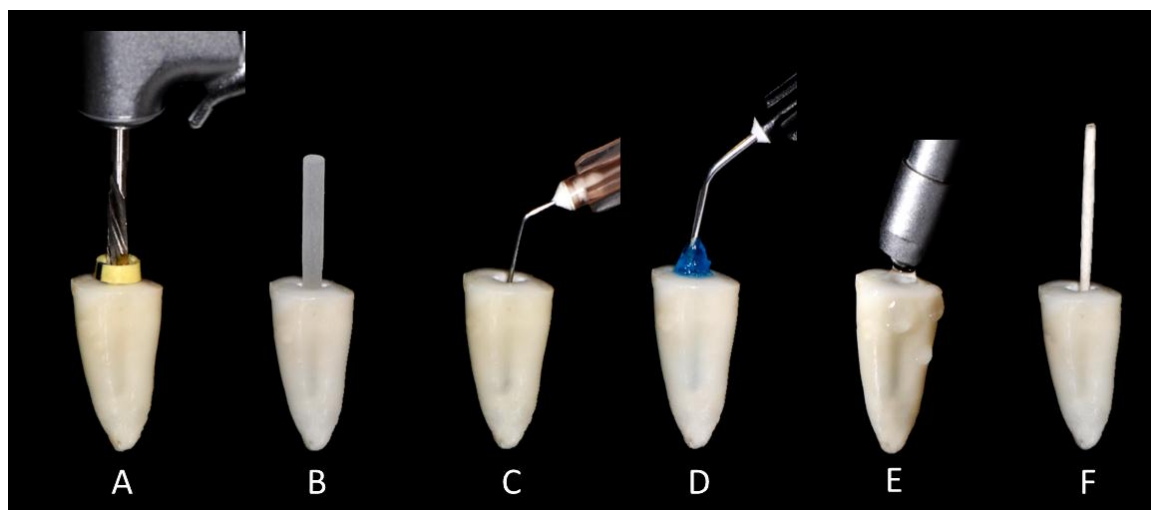


Figura 7 – Sequência do procedimento adesivo. **A** – Preparo mecânico do canal radicular; **B** – Prova do pino; **C** – Limpeza do canal radicular; **D** – Condicionamento com ácido fosfórico 37%; **E** - Lavagem com água dentro do canal radicular; **F** – Secagem com ar e ponta de papel.

Subgrupos de Estudo	Sistemas Adesivos	Modo de Aplicação	Cimentos Resinosos	Modo de Aplicação
AMA MP AMA SV	Adesivo Ambar	1-Aplicar ácido fosfórico no interior do canal durante 15 s, lavar abundantemente com água, imediatamente remover excessos de água com 5 s de jato de ar e uma ponta de papel absorvente. 2-Aplicar o adesivo no interior do canal com ajuda de um microbrush, durante 10 s, duas camadas consecutivas e aplicar um jato de ar 5 s para evaporação do solvente e uma ponta de papel para remover excessos. 3-Fotopolimerizar durante 20 s	Cimento resinoso All Cem	1-Carregar a seringa de insulina diretamente com o cimento. Aplicar o cimento no interior do canal com a seringa de insulina e a agulha de 1,2 mm de diâmetro. 2-Assentar o pino no interior do conduto, remover os excessos e fotoativar durante 40 s desde a superfície oclusal

SBR MP SBR SV	Adesivo Adper Single Bond™ 2	1-Aplicar ácido fosfórico no interior do canal durante 15 s, lavar abundantemente com água, imediatamente remover excessos de água com 5 s de jato de ar e uma ponta de papel absorvente. 2-Aplicar o adesivo no interior do canal com ajuda de um microbrush, durante 10 s, duas camadas consecutivas e aplicar um jato de ar 5 s para evaporação do solvente e uma ponta de papel para remover excessos. 3-Fotopolimerizar durante 20 s	Cimento resinoso RelyX ARC	1-Carregar a seringa de insulina diretamente com o cimento. Aplicar o cimento no interior do canal com a seringa de insulina e a agulha de 1,2 mm de diâmetro. 2-Assentar o pino no interior do conduto, remover os excessos e fotoativar durante 40 s desde a superfície oclusal
XPE MP XPE SV	Adesivo XP Bond +self- cure activator	1-Aplicar ácido fosfórico no interior do canal durante 15 s, lavar abundantemente com água, imediatamente remover excessos de água com 5 s de jato de ar e uma ponta de papel absorvente. 2- Em um dappem colocar uma gota do adesivo e uma gota do ativador, misturar durante 2 segundos. 3- Aplicar o adesivo+ativador no interior do canal com ajuda de um microbrush, durante 10 s, duas camadas consecutivas. 4- Aplicar um jato de ar 5 s para evaporação do solvente e uma ponta de papel para remover excessos. 5- deixar repousar durante 20 s 3-Fotopolimerizar durante 20 s	Cimento resinoso Enforce (base e catalizador)	1-Manipular as pastas (base e o catalizador) nas mesmas proporções durante 15 s, aplicar dentro do canal radicular com ajuda de uma seringa de insulina e agulha de 1,2 mm de diâmetro. 2-Assentar o pino no interior do conduto, remover os excessos e fotoativar durante 40 s desde a superfície oclusal

Quadro 4 – Modo de aplicação dos materiais utilizados

A fotoativação foi feita com um aparelho fotopolimerizador à base de luz emitida por diodo (Raddi call-SDI, Victoria, Australia), com uma intensidade de luz de 1200 mW/cm^2 , aferida periodicamente com um Radiometro Led (Kondortech, Kondortech Equip. Odontológicos LTDA – São Carlos, São Paulo – Brasil). Após, todos os dentes foram armazenados em água destilada a 37% durante uma semana.

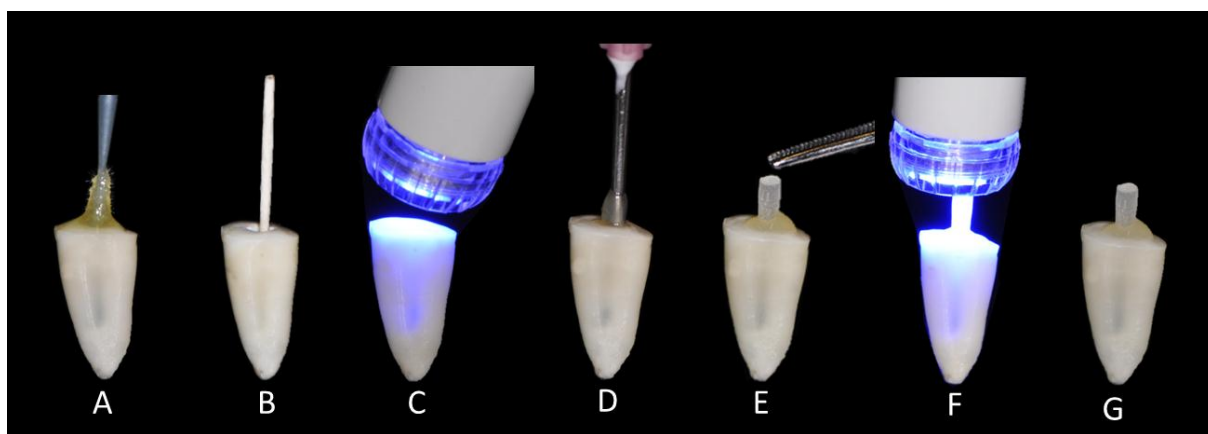


Figura 8 – Sequência da cimentação do pino. **A** – Aplicação do adesivo (de acordo com os grupos); **B** – Eliminação do excesso de adesivo com ponta de papel # 80; **C** – Fotoativação do adesivo; **D** – Aplicação do cimento dentro do canal radicular; **E** – Cimentação do pino; **F** – Fotoativação do pino dentro do canal; **G** – Pino cimentado.

4.6 Preparo dos espécimes para os diferentes testes

Após o período de armazenagem, as raízes foram incluídas em tubos de PVC (policloreto de vinil), os quais foram preenchidos com resina acrílica Duralay (Reliance, Dental Mfg. Co., IL, EUA), onde o pino ficou perpendicular a este e facilitou o posterior corte dos corpos-de-prova (Figura 9).

Os espécimes foram seccionados perpendicularmente em relação a seu longo eixo em uma máquina de corte ISOMET 1000 (BuehlerTM, Lake Bluff, IL, EUA) com auxílio de um disco de diamante sob refrigeração constante com água (Figura 10). Foram obtidas fatias radiculares de uma espessura média de $1 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ de espessura cada, verificadas com um paquímetro digital de precisão de

0,01 mm (Digimatic Caliper, Mitutoyo, Tóquio, Japão) (Figura 11). Foram realizados cortes seriados, sendo que a primeira fatia coronária de todas as raízes foi descartada, pelo fato de apresentar excesso de cimento.

Em cada grupo (n=11), 7 dentes foram avaliados em resistência de união por *push-out*, 2 dentes foram avaliados em nanoinfiltração e 2 dentes foram submetidos à análise do grau de conversão *in situ* através de espectroscopia Micro Raman.

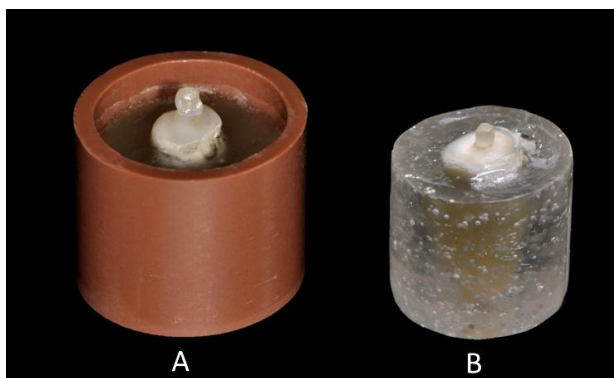


Figura 9 - Preparo dos espécimes – **A** - Raiz incluída no tubo de PVC preenchida com resina acrílica; **B** - Raiz embutida em resina acrílica com pino cimentado.

4.6.1 Divisão dos terços

Para cada raiz foram obtidas seis fatias (corpos-de-prova), que foram distribuídos por terços: coronário (duas fatias), médio (duas fatias) e apical (duas fatias).

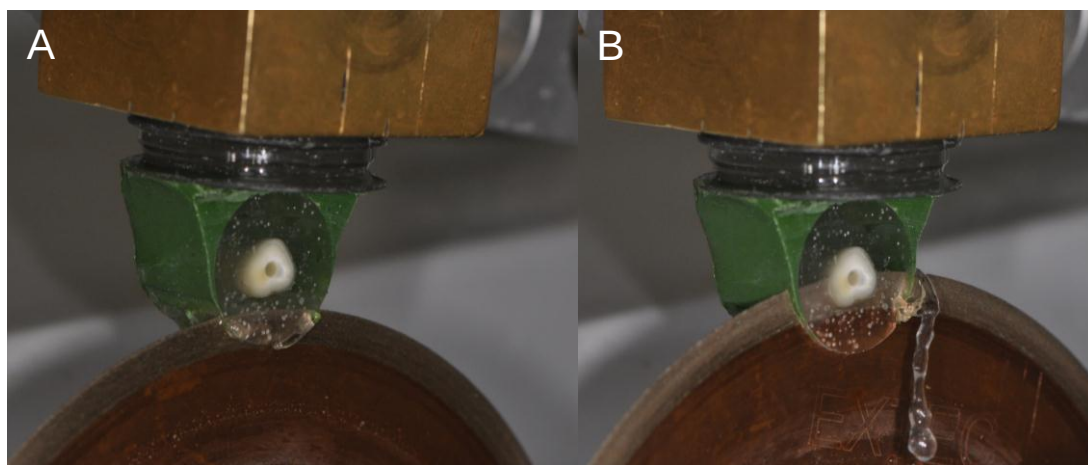


Figura 10 – **A** e **B** – Seccionamento das fatias com disco de diamante, na maquina de corte ISOMET 1000

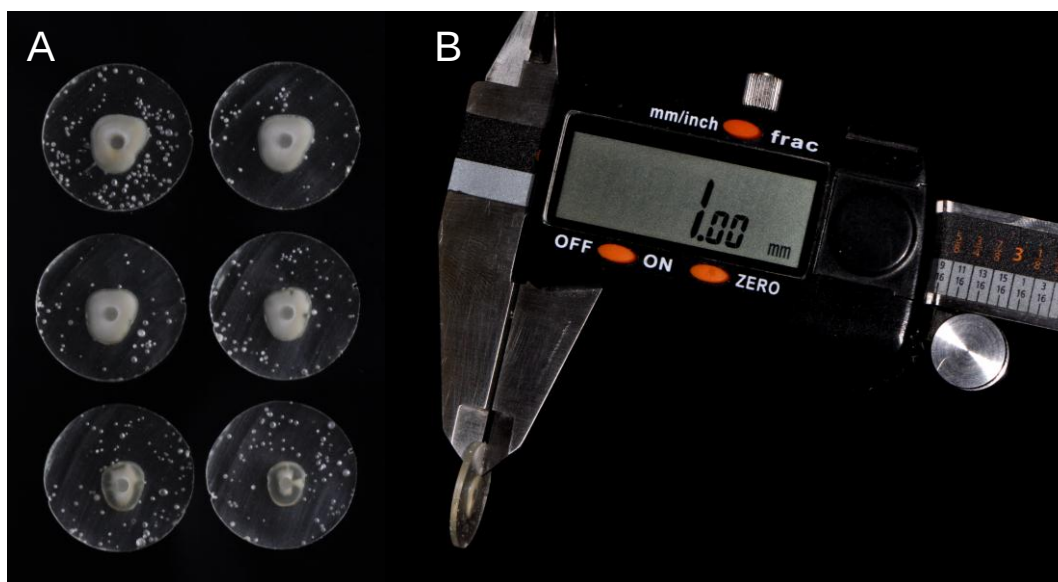


Figura 11 – A – Fatias obtidas de cada dente (duas fatias para cada terço); **B -** Mensuração das fatias por meio do paquímetro digital.

4.7 Análise da resistência de união (RU) por teste de *push-out*

Previamente ao teste foram realizadas mensurações dos diâmetros do pino, coronário e apical de cada fatia mediante fotografias, com um aumento de 40X, em um microscópio óptico (Olympus, modelo BX 51, Olympus, Tokyo, Japão) com o objetivo de calcular a área adesiva para cada fatia obtida. As mensurações foram feitas com ajuda do *Software Image Tool* (Universidade do Texas; San Antonio; Texas, EUA)

O ensaio foi feito em uma máquina de ensaio universal Instron (INSTRON Corp, Canton, MA, EUA), onde cada corpo de prova foi submetido ao teste de push-out. Para isto, cada corpo de prova foi posicionado sobre um dispositivo metálico com uma pequena abertura central que iria coincidir ao nível do pino, o lado que correspondia a coronal era posicionado para baixo, de tal forma que a carga exercesse uma força compressiva constante, no sentido ápico-coronal até que o pino se deslocasse. As pontas metálicas cilíndricas (atuador) correspondiam ao diâmetro do pino para cada terço que estava sendo ensaiado. O atuador foi posicionado no centro de cada fragmento de pino, com o objetivo que a ponta tocasse somente a área do pino no momento de aplicar a carga, sem tensionar as paredes laterais dos canais radiculares (Figura 12). A máquina de ensaio atuou 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 de união (S_L) foi calculada mediante a fórmula utilizada para a área de superfície lateral de um cone truncado:

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

Onde:

π = constante 3,1416

R= raio coronário do pino (mm)

r= raio apical do pino (mm)

h= espessura dos corpos de prova (mm)

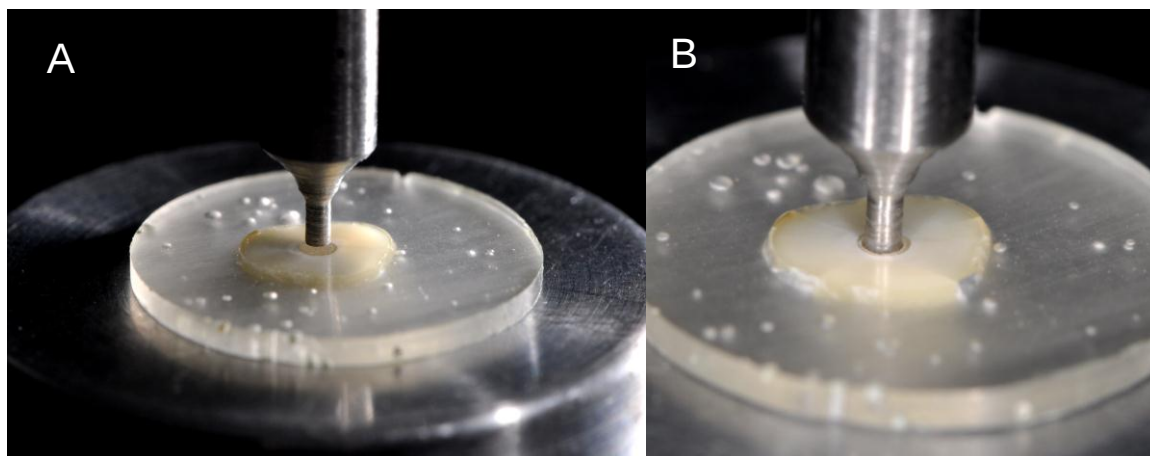


Figura 12 – Teste de Push-out – **A** – Atuador e dispositivo mecânico posicionado paralelo ao longo do eixo do pino; **B** – Vista aproximada do pino já ensaiado.

4.8 Análise do tipo de Fratura

Após a avaliação da resistência de união, o padrão de fratura de todos os espécimes foi avaliado em um microscópio óptico (Olympus, model BX 51, Olympus, Tóquio, Japão) com aumento de 40 X. Cada corpo de prova foi analisado por dois operadores calibrados que classificarão os tipos de fraturas em: (1) fratura adesiva entre cimento resinoso e dentina radicular; (2) fratura adesiva entre cimento resinoso e pino de fibra; (3) fratura coesiva de cimento resinoso; (4) fratura coesiva do pino de fibra; (5) fratura coesiva de dentina radicular e (6) fratura mista.

4.9 Análise da nanoinfiltração (NI) em microscópio eletrônico de varredura MEV

Duas raízes de cada subgrupo foram selecionadas para análise da nanoinfiltração. Uma vez obtidas as fatias, estas foram submersas em uma solução traçadora de Nitrato de Prata Amoniacal 50% (AgNO_3NH_4 – Laboratório de química inorgânica, UEPG, Ponta Grossa, Paraná, Brasil), preparado de acordo com o protocolo proposto por Tay et al.¹⁰² 2002, durante 24 h. Após esse tempo foram lavadas em água destilada por 2 minutos (Cantoro et al.¹⁰³ 2011).

Logo a seguir, os corpos de prova foram imersos em uma solução reveladora (Kodak – Revelador D-76 – Kodak Brasileira, São José dos Campos, SP, Brasil), durante 8 h, e expostas à iluminação fluorescente direta, após esse tempo, foram lavadas abundantemente com água corrente e em banhos ultrassônicos (Figura 13).

Após este procedimento, os corpos de prova foram incluídos em uma base metálica (*stub*) com ajuda de parafina, e polidos sequencialmente com lixas de Carbetto de Silício # 600, 1200 e 2000 em uma máquina de polimento Politriz (Aropol E – Arotec, Cotia, São Paulo, SP, Brasil) sob refrigeração. Na sequência cada fatia foi polida com discos de feltro e pastas diamantadas com granulação

decrecente (3,1 μm e 0,25 μm) (FGM Produtos Odontológicos – Joinville, Santa Catarina, Brasil). Entre cada granulação de lixa e de pasta, as amostras foram imersas em água destilada e colocadas em cuba ultrassônica (Dabi Atlante – 3L, Ribeirão Preto, SP, Brasil) por 10 minutos para remoção dos detritos. Após, as fatias foram mantidas em recipientes contendo sílica coloidal a $37^\circ \pm 1^\circ \text{C}$ por 48 horas (Figura 14).

Finalmente as amostras foram metalizadas com ouro (Balzers SCD 050 Sputter Coater, Bal-tec, Alemanha) (Figura 15), para serem observadas sob microscopia eletrônica de varredura (SSX-550; Shimadzu, Tóquio, Japão) operando em alto vácuo numa potência de 15 kV de voltagem de aceleração, no qual foram obtidas imagens em elétrons retro espalhados. Para calcular a porcentagem de nanoinfiltração, as imagens foram analisadas mediante o programa Software Image Tool (Universidade do Texas; San Antonio; Texas, EUA (Figura 16).

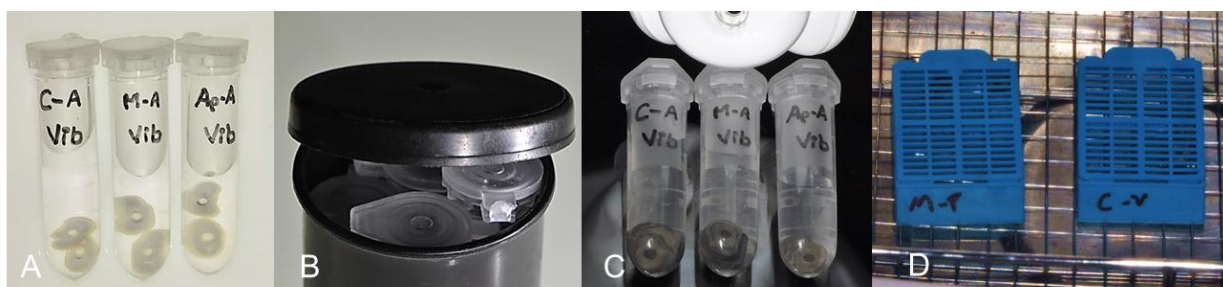


Figura 13 – **A** – Eppendorfs contendo as fatias submersos em nitrato de prata; **B** – Eppendorfs armazenados em um pote escuro fechado; **C** – Eppendorfs contendo as fatias submersas em solução reveladora expostos à iluminação fluorescente direta; **D** – Fatias após lavagem na cuba ultrassônica

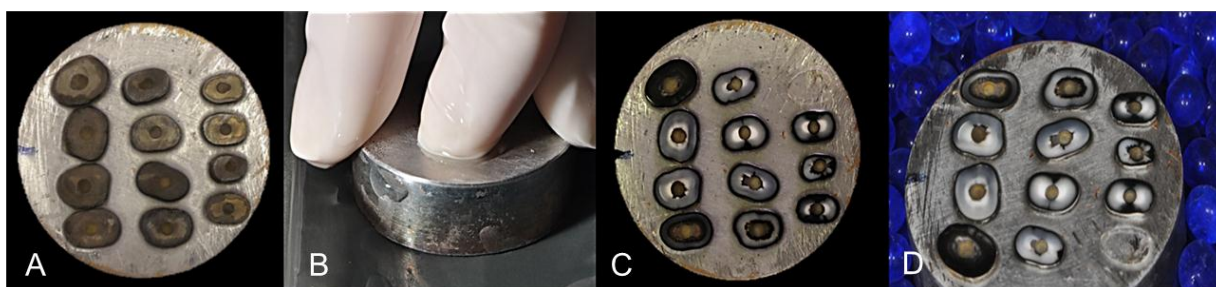


Figura 14 – **A** – Fatias coladas na base metálica previamente ao polimento; **B** – Polimento feito na superfície das fatias sobre a lixa com refrigeração; **C** – Aspecto após o polimento; **D** – Armazenamento da base metálica na sílica.



Figura 15 – Aspecto metalizado com ouro das fatias previamente a serem submetidos ao MEV.

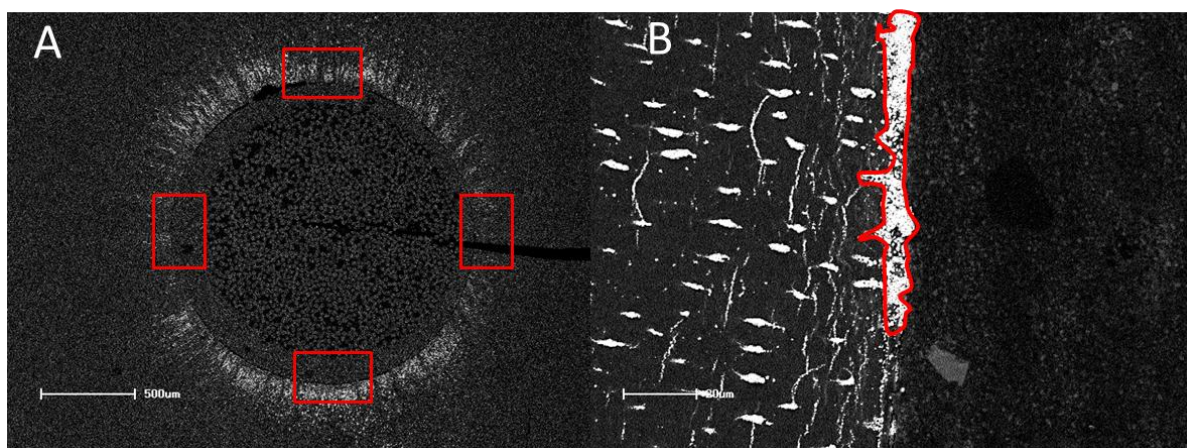


Figura 16 – **A** – Fotomicrografia de MEV do pino; **B** – Fotomicrografia da camada híbrida de um dos lados do pino para avaliação da quantidade de nitrato de prata infiltrada.

4.10 Análise do grau de conversão (GC) *in situ* por espectroscopia micro-Raman.

Duas raízes de cada subgrupo foram selecionadas para análise do grau de conversão *in situ* na camada híbrida em região intertubular por espectroscopia micro-Raman.

Essas amostras foram submetidas a um polimento com lixas de granulação 1500 e 2000 (Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, USA), por 30 s em cada lixa, sob constante irrigação com água e após lavagem com NaOCl a 5% . Em seguida, foram novamente lavadas em cuba ultrassônica (Dabi Atlante – 3L, Ribeirão Preto,

SP, Brasil) por 30 min e armazenadas em água destilada a 37° C por 24 h antes de submetidas à leitura em espectrofotômetro micro-Raman para análise do GC.

As amostras foram analisadas sob os seguintes parâmetros: um laser de Neônio com 532 nm de comprimento de onda e de 1 µm de diâmetro, a 20 mW de potência, com resolução espacial de 3 µm e espectral de 5 cm⁻¹, com 5 coadições de 30 s cada e uma magnificação de 100X (Olympus UK, Londres, UK). Os espectros foram obtidos a partir de pontos aleatórios localizados na base da camada híbrida, na dentina intertubular (Figura 17). Foram realizadas 3 leituras para cada fatia. O grau de conversão (%) foi analisado considerando o valor da integrada do conteúdo aromático (1609 cm⁻¹) e alifático (1639 cm⁻¹) na camada híbrida e aplicados na seguinte fórmula:

$$GC \% = 1 - \left\{ \frac{I_{reat(p)} / I_{ref(p)}}{I_{reat(np)} / I_{ref(np)}} \right\} \times 100\%$$

Onde “I reat” refere-se aos valores integrados do pico reativo e “I ref” refere-se aos valores integrados do pico de referência, “p” e “np” referem-se a polimerizados e não-polimerizados respectivamente.

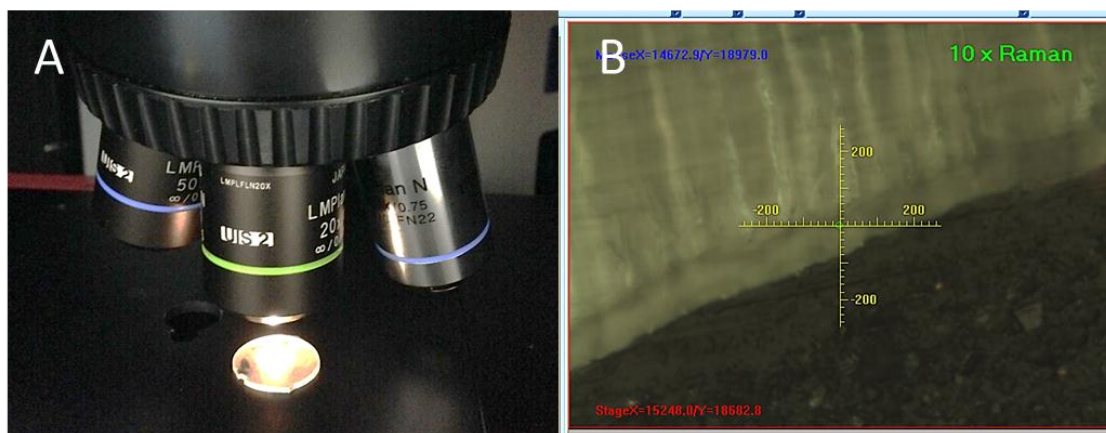


Figura 17 – A – Fatia analisada por espectroscopia micro-Raman através de um laser de Neônio; **B** - Leitura realizada apenas da camada híbrida.

4.11 Análise Estatística

Para análise dos dados foram utilizados modelos paramétricos (análise de variância), de medidas repetidas, considerando variáveis os seguintes fatores: tipo de aplicação, sistema adesivo e terço radicular. Sendo a medida repetida o terço radicular. A seguir foi aplicado o teste de Tukey para comparação das médias. O nível de significância adotado foi de 5% ($\alpha=0,05$). Todos os cálculos foram realizados com o programa estatístico SPSS® (Statistical Package for the Social Science) versão 17.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, EUA).

5 RESULTADOS

Através da análise estatística dos dados foi detectada diferença significativa para todos os testes (Tabela 1, $p < 0,05$).

5.1 Análise da resistência de união (RU) por teste de *push-out*

Os resultados de RU mostraram uma diminuição dos valores em sentido cérvico-apical para os diferentes sistemas adesivos/cimentos. Segundo o tipo de aplicação se observou um aumento significativo ($p < 0,05$) nos três terços radiculares quando realizada uma aplicação sônica vibratória. Com a aplicação manual, os valores de RU nos terços apical e cervical foram mais baixos e mais altos, respectivamente e o terço médio apresentou valores intermediários ($p < 0,05$). Com a aplicação sônica vibratória, os valores de resistência união aumentaram significativamente nos terços médio e apical ($p < 0,05$).

De forma geral, a grande maioria das fraturas foram de tipo adesiva (entre dentina e cimento resinoso) e mistas. Um pequeno percentual de fraturas coesivas foram observadas (Tabela 1). Poucas fraturas coesivas foram encontradas em dentina. As falhas predominantes foram adesivas (entre dentina e cimento resinoso) e mistas. Não houveram falhas adesivas entre cimento e pino e falhas coesivas do pino foram observadas.

Tabela 1. Médias e desvios padrões da resistência de união (RU) por teste de *push-out* (MPa) para cada condição experimental, bem como os padrões de fratura.

Condição experimental		RU (MPa)		Tipo de falha (*)	
		MP	SV	MP	SV
AMA	Cervical	16,5±3,5 A	19,0±3,9 A	8/7/1	10/6/0
	Médio	12,9±3,4 B	17,4±3,9 A	8/8/0	7/7/2
	Apical	6,7±1,7 C	11,5±3,7 B	8/8/0	7/6/3
SBR	Cervical	13,9±2,1 B	16,2±3,7 A	12/4/0	13/3/0
	Médio	8,2±2,4 C	16,1±4,7 A	13/3/0	10/6/0
	Apical	7,2±3,6 C	12,6±2,9 B	15/1/0	8/8/0
XPE	Cervical	17,4±2,1 A	19,2±2,8 A	13/3/0	9/7/0
	Médio	13,9±2,6 B	18,1±2,8 A	12/3/1	10/6/0
	Apical	9.6±1.8 C	12.6±2.2 B	14/0/2	8/8/0

(*) Tipo de falha: adesiva dentina-cimento/ mista/ coesiva pino ou dentina.
 Letras diferentes significam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$)

5.2 Análise da nanoinfiltração (NI) por microscopia eletrônica de varredura MEV

No teste de NI se observou que com aplicação manual, em geral, o terço apical apresentou os maiores valores de infiltração de nitrato (Figura 14; $p < 0,05$), sendo que esta aumentava no sentido cérvico-apical, com exceção do sistema XP Bond/Enforce que apresentou elevados valores de NI em todos os terços. Quando as técnicas de aplicação foram comparadas, a aplicação sônica vibratória diminuiu a NI em todos os terços independente do sistema utilizado (Figura 14; $p < 0,05$)

Tabela 2. Médias e desvios padrões dos valores de nanoinfiltração (%) obtidos em cada grupo experimental

Condição experimental		NI (%)	
		MP	SV
AMA	Cervical	12,7±0,5 A	3,1±2,6 A
	Médio	17,1±4,7 C	10,1±5,2 B
	Apical	50,5±8,2 E	12,0±5,7 B
SBR	Cervical	21,0±5,4 C,D	9,9±4,8 B
	Médio	26,4±6,4 D	9,4±4,1 B
	Apical	50,4±4,9 E	12,4±6,3 B
XPE	Cervical	45,4±9,2 E	7,1±2,8 A,B
	Médio	42,3±7,6 E	2,6±3,1 A
	Apical	44,3±9,1 E	4,5±2,3 A

(*) Letras diferentes significam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$)

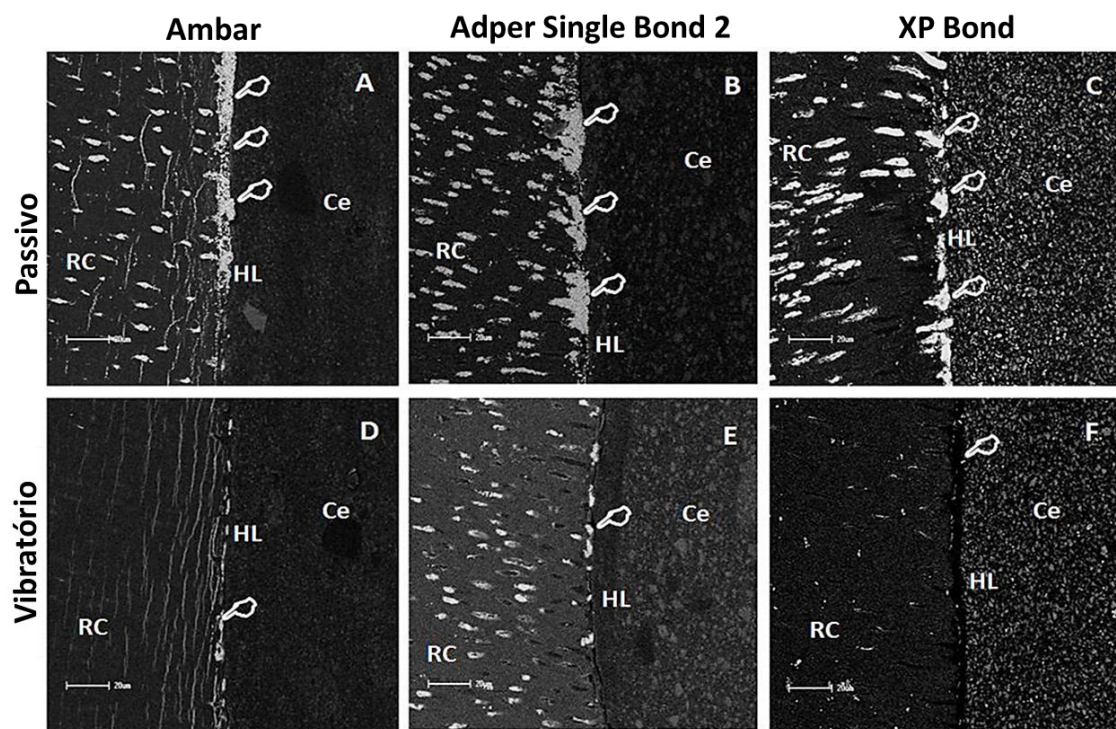


Figura 18. Fotomicrografias representativas MEV das interfaces pós-cimentação de pinos na dentina radicular com diferentes adesivos/cimentos resinosos, no terço apical. Foi observado que, sob aplicação manual, ocorreu ao longo de toda a camada híbrida uma quantidade mais elevada de nanoinfiltração (mãos brancas). A nanoinfiltração foi significativamente reduzida com a aplicação vibratória (RC = canal radicular; Ce = cimento resinoso; HL = camada híbrida).

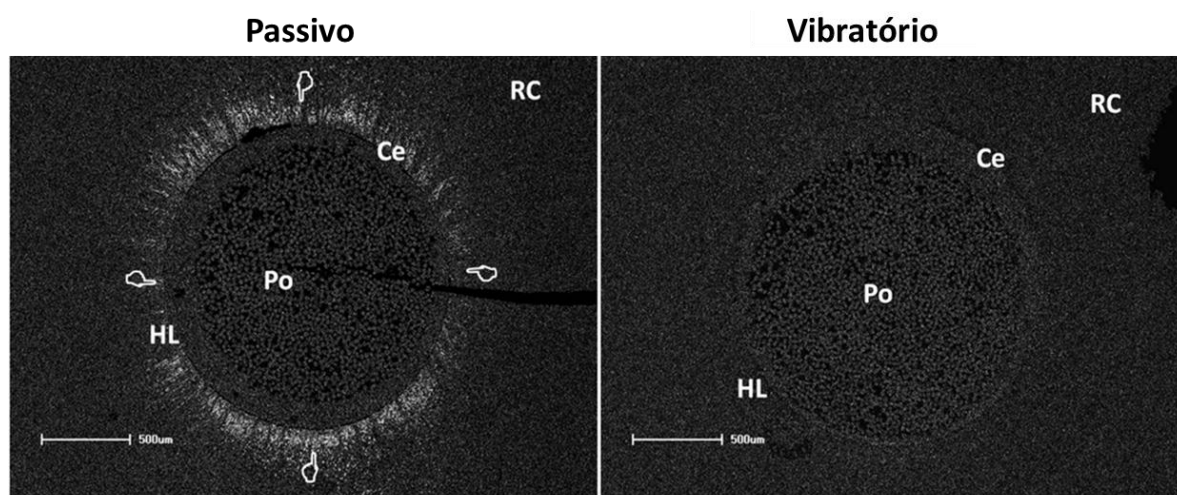


Figura 19. Fotomicrografias representativa do MEV das interfaces pós-cimentação de XP Bond + self-activator/Enforce no terço cervical. As mãos brancas indicam as regiões onde a infiltração de nitrato de prata foi medida. Quando o adesivo foi aplicado manualmente a quantidade de infiltração de nitrato de prata foi mais elevada e ocorreu em todas as interfaces. Esta foi mínima com a aplicação vibratória (RC = canal radicular; Ce = cimento resinoso; HL = camada híbrida; Po = pino de fibra de vidro)

5.3 Análise do grau de conversão (GC) *in situ* por espectroscopia micro-Raman

Para o GC, a exceção do sistema adesivo XP Bond/Enforce, foi observada uma diminuição do grau de conversão no sentido cérvico-apical ($p < 0,05$), ou seja, em geral, o GC no terço apical apresentou os menores valores de GC, o terço cervical apresentou os maiores e o terço médio valores intermediários quando os adesivos foram aplicados manualmente ($p < 0,05$).

Quando comparado o tipo de aplicação se observou um aumento estatisticamente significativo ($p < 0,05$) nos três terços radiculares com aplicação vibratória para os sistemas adesivos Ambar/All Cem e Adper Single Bond2/ RelyX ARC. Com a aplicação sônica, foi observado um aumento no grau de conversão nos terços médio e apical para todos os sistemas adesivos ($p < 0,05$), qual foi estatisticamente significativa na maioria das condições. A aplicação sônica do sistema Ambar/AllCem e XP Bond/Enforce eliminou as diferenças no grau de conversão entre os terços radiculares ($p > 0,05$).

Tabela 3. Médias e desvios padrões do grau de conversão *in situ* (%) para cada condição experimental

Condição experimental		GC (%)	
		MP	SV
AMA	Cervical	81,3±5,4 A,B	86,7±4,9 A
	Médio	69,3±4,3 C	84,0±6,4 A
	Apical	48,6±9,3 E	83,0±7,3 A
SBR	Cervical	81,8±2,9 A,B	89,7±3,6 A
	Médio	73,3±6,7 C	84,9±2,7 A
	Apical	61,2±6,3 D	79,3±5,3 B,C
XPE	Cervical	85,1±2,0 A	86,6±4,9 A
	Médio	82,8±3,9 A,B	90,0±2,3 A
	Apical	53,6±7,8 E	89,4±3,3 A

(*) Letras diferentes significam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$)

6 DISCUSSÃO

Este estudo mostrou que, independentemente do adesivo/cimento resinoso utilizado, a adesão para o terço apical do canal radicular com aplicação sônico vibratória apresentou os menores valores de RU e de GC, além de um expressivo aumento da NL quando aplicado manualmente. Estes resultados estão de acordo com estudos anteriores que mostraram o impacto positivo com aplicação ativa (Breschi et al.¹¹ 2009, Mjor et al.¹² 2001, Ferrari et al.⁸ 2000, Faria-e-Silva et al.¹⁰⁴ 2007).

Vários motivos podem ter colaborado para estes resultados, o limitado potencial de condicionamento de formulações de gel na região apical (Scotti et al.¹⁰⁵ 2013, Salas et al.⁹¹ 2011) possivelmente pode ser uma das razões. Além disso, sabe-se que uma boa adesão com adesivos simplificados convencionais ocorre dentro de padrões de umidade bastante limitados (Tay et al.¹⁰⁶ 1996) e são diretamente dependes da composição do solvente do adesivo (Reis et al.⁷⁹ 2003). O controle de umidade na região apical é um processo muito sensível à técnica e não é fácil de ser observado. Outro fator a ser destacado é que, muito improvável a evaporação do solvente ocorre de forma inadequada nesta região (Schwartz¹⁰ 2006). Mesmo quando se utiliza tempos de evaporação 10 a 12 vezes maior do que os recomendados pelo fabricante em cavidades planas, uma grande quantidade de solvente ainda está retido na camada adesiva (Yiu et al.¹⁰⁷ 2005). Como a presença de solvente diminui a polimerização adequada do polímero (Paul et al.¹⁰⁸ 1999), somado a reduzida transmissão da energia de luz através dos pinos de fibra (Goracci et al.¹⁰⁹ 2008, Morgan et al.¹¹⁰ 2008) pode explicar a redução no GC *in situ* na região apical como demonstrado no presente estudo.

Isso também parece explicar os altos níveis de NI no terço apical. A NI pode ser em parte explicada pelo aprisionamento de água e solvente ocasionado uma polimerização inadequada durante a formação da camada híbrida (Li et al.¹¹¹ 2000, Dickens et al.¹¹² 2005), além da inadequada infiltração de monômeros dentro da camada de dentina que foi previamente desmineralizada pelo ácido fosfórico (Breschi et al.⁵⁴ 2008), em especial quando os adesivos são aplicados manualmente.

Tudo isto pode ter fornecido espaços nanométricos em torno as fibrilas de colágeno e dentro da camada adesiva para deposição de nitrato de prata (Tay et al.¹³ 2005). Estas regiões porosas dentro da camada híbrida (Breschi et al.⁵⁴ 2008) podem ser responsáveis pelos baixos valores de resistência de união, como observado no presente estudo, já que podem ser consideradas áreas de falhas onde ocorre a propagação das forças exercidas durante o teste de *push-out*. Observe que, tanto os altos padrões de NI, como os baixos valores de GC *in situ*, em especial no terço apical, corroboram com esta hipótese.

Até a extensão do nosso conhecimento, este é um dos primeiros estudos que avaliaram o GC *in situ* em cimentação adesiva do canal radicular (Navarra et al.¹¹³ 2012). O GC *in situ* é um fator importante na previsão de desempenho adesivo *in vivo* (Navarra et al.¹¹⁴ 2012). Neste caso específico, através do uso da Espectroscopia micro-Raman, corroborou para caracterização da estrutura química das estruturas envolvidas na formação da camada híbrida (monômeros resinosos, colágeno e minerais), proporcionando uma medição direta da porcentagem de duplas ligações convertidas dentro da própria estrutura dentária (Navarra et al.¹¹⁴ 2012, Miletic et al.¹¹⁵ 2009, Hass et al.¹¹⁶ 2013).

Quando a aplicação sônica vibratória foi avaliada, um cenário completamente diferente foi observado. O denominado ultrassom de baixa frequência ou dispositivos sônicos simples operam em faixas de frequência de 1.000 a 6.000 Hz, a diferença das utilizadas nas unidades de ultrassons originais entre 20.000 a 40.000 Hz (Plotino et al.²² 2007). O aparelho sônico utilizado neste estudo opera com cinco diferentes frequências (144,5, 150, 170, 223,5 e 167,5 Hz) e o estudo foi realizado utilizando a frequência media do dispositivo (170 Hz).

É provável que o movimento das cerdas do aplicador sob vibração sônicas transmita energia para o agente adesivo e facilite a sua infiltração no interior do canal radicular. Os fluidos quando agitados são capazes de alcançar áreas além daquelas onde as cerdas tocam. Além disso, a vibração de alta velocidade do microbrush cria ondas de pressão e forças de cisalhamento no adesivo que são fortemente empurrados contra as superfícies de dentina (Mena-Serrano et al.¹⁴ 2013), além de removerem bolhas microscópicas para fora da estrutura. Em

conjunto, toda esta dinâmica de fluidos incrementaram a difusão de monômeros na dentina desmineralizada e facilitam a evaporação de solventes, o que reduziu o NI e aumentou a resistência de união e GC em dentina coronária (Dal-Bianco et al.¹⁰⁰ 2006, Reis et al.¹⁸ 2007, Loguercio et al.²⁰ 2011).

Estes resultados estão de acordo com estudos anteriores que mostraram o impacto positivo da aplicação sônica (Mena-serrano et al.¹⁴ 2013), e de aplicação ativa manual de sistemas adesivos em dentina coronária (Mena-Serrano et al.¹⁴ 2013, Reis et al.¹⁸ 2007, Loguercio et al.²⁰ 2011). Uma notável vantagem da aplicação sônica sobre a aplicação ativa manual é que não requer nenhum processo de calibração, e é provável que seja menos sensível à experiência do operador. Recentemente, foi demonstrado que, a experiência do operador pode influenciar o desempenho da resistência de união para cimentação adesiva de pinos intraradiculares (Gomes et al.⁷⁴ 2012). Esta alternativa clínica é fácil de aplicar e não adiciona mais passos clínicos para o protocolo de adesão.

Dentro das limitações deste estudo in vitro, pode-se concluir que a aplicação sônica dos adesivos com uma frequência de oscilação de 170 Hz melhorou a resistência de união de pinos de fibra de vidro no canal radicular, possivelmente devido a uma maior GC do adesivo e a uma melhor infiltração dos monômeros resinosos, indiretamente visto pela redução NI na camada híbrida. Assim a hipótese nula do estudo foi rejeitada. Mais estudos ainda são necessários para avaliar resultados laboratoriais a longo prazo e desempenho clínico de adesivo/cimentos resinosos quando usados diferentes modos de aplicação.

7 CONCLUSÕES

De acordo com a proposição do estudo e com os resultados obtidos pode-se concluir que:

As propriedades adesivas (resistência de união, nanoinfiltração e grau de conversão *in situ*) entre o pino e dentina radicular através de cimento resinoso e sistemas adesivos convencionais utilizando aplicação vibratória mostraram uma melhoria significativa nos diferentes terços radiculares, em especial no aplica, quando comparado com a aplicação manual.

REFERÊNCIAS*

1. Zicari F, Couthino E, de Munck J, Poitevin A, Scotti R, Naert I, Van Meerbeek B. Bonding effectiveness and sealing ability of fiber-post bonding. *Dent Mater*. 2008 Jul;24(7):967-77.
2. Asmussen F, Bertelli E, Watson TF, Ford TP. Resin-dentin interfaces of endodontically-treated restored teeth. *Am J Dent*. 2003 Feb;16(1):28-32.
3. Kremeier K, Fasen L, Klaiber B, Hofmann N. Influence of endodontic post type (glass fiber, quartz fiber or gold) and luting material on push-out bond strength to dentin in vitro. *Dent Mater*. 2008 May;24(5):660-6.
4. Hayashi M, Ebisu S. Key factors in achieving firm adhesion in post-core restorations. *Jap Dent Sci Rev*. 2008 Jul;44(1):22-8.
5. 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.
6. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: a literature review. *Aust Dent J*. 2011 May;56(1):77-83.
7. 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.
8. 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.
9. Cagidiaco MC, Goracci C, Garcia-Godoy F, Ferrari M. clinical studies of fiber posts: a literature review. *J Prosthet Dent*. 2008 Aug;21(4):328-36.

* De acordo com a norma do Programa de Pós-graduação em Odontologia Stricto-sensu da UEPG, baseada no modelo Vancouver. Abreviaturas dos periódicos em conformidade com o *Medline*.

10. Schwartz RS. Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system-the promise and the problems: a review. *J Endod.* 2006 Dec;32(12):1125-34.
11. Breschi L, Mazzoni A, De Stefano Dorigo E, Ferrari M. Adhesion to intraradicular Dentin: A review *J Adhes Sci Technol.* 2009 Oct;23(7-8):1053-83.
12. Mjor IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *J Endod.* 2001 Aug;34(5):346-53.
13. 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.
14. Mena-Serrano A, Garcia EJ, Loguercio AD, Reis A. Effect of sonic application mode on the resin-dentin bond strength and nanoleakage of simplified self-etch adhesive. *Clin Oral Investig.* 2013 Jun;
15. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, sano H, Endo K, Oguchi H. The extent to which resin can infiltrate dentin by acetone-based adhesives. *J Dent Res.* 2002 Jan;81(1):74-8.
16. Miyazaki M, Onose H, Lida N, Kazama H. Determination of residual double bonds in resin-dentin interface by Raman spectroscopy. *Dent Mater.* 2003 May;19(3):245-51.
17. Jacobsen T, Soderholm KJ. Effect of primer solvent, primer agitation, and dentin dryness on shear bond strength to dentin. *Am J Dent.* 1998 Oct;11(5):225-8.
18. 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;32(4):380-7.
19. Do Amaral RC, Stanislawczuk R, Zander-Grande C, Michel MD, Reis A, Loguercio AD. Active application improves the bonding performance of self-etch adhesives to dentin. *J Dent.* 2009 Jan;37(1):89-90.

20. Loguercio AD, Stanislawczuk R, Mena-Serrano A, Reis A. Effect of 3-year water storage on the performance of one-step self-etch adhesives applied actively on dentine. *J Dent*. 2011 Aug;39(8):578-87.
21. Baguis B, Turkaslan S, Vallitu PK, Lassila LV. Effect of high frequency ultrasonic agitation on the bond strength of self-etching adhesives. *J Adhes Dent*. 2009 Oct;11(5):369-74.
22. Plotino G, Pameijer Ch, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *J Endod*. 2007 Feb;33(2):81-95.
23. Herrera DR, Santos ZT, Tay LY, Silva EJ, Loguercio AD, Gomes BP. Efficacy of different final irrigant activation protocols on smear layer removal by EDTA and citric acid. *Microsc Res Tech*. 2013 Apr;76(4):364-9.
24. Mitsui FHO, Marchi GM, Pimenta LAF, Ferraresi PM. In vitro study of fracture resistance of bovine roots using different intraradicular post systems. *Quintessence Int*. 2004 Sep;35(8):612-6.
25. Tay FR, Pashley DH. Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. *J Endod*. 2007 Apr;33(4):391-8.
26. Assif D, Gorfil C. Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent*. 1994 Jun;71(6):565-7.
27. Bitter K, Meyer-Lueckel H, Priehn K, Kanjuparambil JP, Neumann K, Kielbassa AM. Effects of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentine. *Int Endod J*. 2006 Oct;39(10):809-18.
28. Martelli R. Fourth-generation intraradicular posts for the aesthetic restoration of anterior teeth. *Pract Periodontics Aesthet dent*. 2000; 12(6):579-584.
29. Morfis AS. Vertical root fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1990 May;69(5):631-5.
30. 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.

31. Barjau-Escribano A, Sancho-Bru JL, Forner-Navarro L, Rodríguez-Cervantes PJ, Perez-Gonzales 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.
32. Monticelli F, Grandini S, Goracci C, Ferrari M. clinical behavior of translucent-fiber posts: a 2-year prospective study. *Int J Prosthodont*. 2003 Nov-Dec;16(6):593-6.
33. 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.
34. Qualtrough AJ, Manocci F. Tooth-colored post systems: a review. *Oper Dent*. 2003 Jan-Feb;28(1):89-91.
35. Mannocci F, Bertelli E, Watson TF, Ford TP. Resin-dentin interfaces of endodontically-treated restored teeth. *Am J Dent*. 2003 Feb;16(1):28-32.
36. Albashaireh ZS, Ghazal M, Kern M. Effect of acid conditioning of root canal dentin on the retention of adhesively luted glass fiber-reinforced composite (FRC) posts. *Am J Dent*. 2009 Dec;22(6):376-80.
37. Giachetti L, Scaminaci Russo D, Bertini F, Giuliani V. Translucent fiber post cementation using a light-curing adhesive/composite system. SEM analysis and pull-out test. *J Dent*. 2004 Nov;32(8):629-34.
38. 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.
39. Santini MF, Wandscher V, Amaral M, Baldissara P, Valandro LF. Mechanical fatigue cycling on teeth restored with fiber posts: impacto f coronal grooves and diameter of glass fiber post on fracture resistance. *Minerva Stomatol*. 2011 Oct;60(10):485-93.
40. Heck M, Monteiro S. Pinos de fibra: considerações para otimizar o uso clínico. *Int Braz Dent J*. 2007 Jan;3(1):70-8.

41. Scotti R, Ferrari M. Pinos de fibra: consiações teóricas e aplicações clínicas. Artes Médicas. São Paulo 2003.
42. Mendoza DB, Eakle WS, Kahl EA, Ho R. Root reinforcement with a resin-bonded preformed post. J Prosthet Dent. 1997 Jul;78(1):10-4.
43. Balbosh A, Kern M. Effect of surface treatment on retention of glass-fiber endodontic posts. J Prosthet Dent. 2006 Mar;95(3):218-23.
44. Boschian Pest L, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. Dent Mater. 2002 Dec;18(8):596-602.
45. Rosenstiel SF, Land MF, Crispin BJ. Dental luting agents: A review of the current literature. J Prosthet Dent. 1998 Sep;80(3):280-301.
46. Fernandes AS, Shetty S, Coutinho I. Factors determining post selection: a literature review. J Prosthet Dent. 2003 Dec;90(6):556-62.
47. Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer JM, Pashley DH. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. Dent Mater. 2003 May;19(3):199-205.
48. Monticelli F, Ferrari M, Toledano M. Cement system and surface treatment selection for fiber post luting. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2008 Mar;13(3):E214-21.
49. Prado M, Simao RA, Gomes BP. Effect of different irrigation protocols on resin sealer bond strength to dentin. J Endod. 2013 May;39(5):689-92.
50. Malferrari S, Monaco C, Scotti R. Clinical evaluation of teeth restored with quartz fiber-reinforced epoxy resin posts. Int J Prosthodont. 2003 Jan-Feb;16(1):39-44.
51. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, Van Meerbeek B. A critical review of the durability of adhesión to tooth tissue: methods and results. J Dent Res. 2005 Feb;84(2):118-32.

52. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*. 2003 May-Jun;28(3):215-35.
53. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater*. 2001 Sep;17(5):430-44.
54. 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*. 2008 Jan;24(1):90-101.
55. Silva RA, Coutinho M, Cardozo PI, Silva LA, Zorzatto JR. Conventional dual-cure versus self-adhesive resin cements in dentin bond integrity. *J Appl Oral Sci*. 2011 Aug;19(4):355-62.
56. Goracci C, Grandini S, Bossù M, Bertelli E, Ferrari M. Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: a review. *J Dent*. 2007 Nov;35(11):827-35.
57. Jongsma LA, Bolhuis PB, Pallav P, Feilzer AJ, Kleverlaan CJ. Benefits of a two-step cementation procedure for prefabricated fiber posts. *J Adhes Dent*. 2010 Feb;12(1):55-62.
58. Cagidiaco MC, Radovic I, Simonetti M, Tay F, Ferrari M. Clinical performance of fiber post restorations in endodontically treated teeth: 2-year results. *Int J Prosthodont*. 2007 May-Jun;20(3):293-8.
59. Naumann M, Reich S, Nothdurft FP, Beuer F, Schirmeister JF, Dietrich T. Survival of glass fiber post restorations over 5 years. *Am J Dent*. 2008 Aug;21(4):267-72.
60. Bitter K, Noetzel J, Stamm O, Vaudt J, Meyer-Lueckel H, Neumann K, Kielbassa AM. Randomized clinical trial comparing the effects of post placement on failure rate of postendodontic restorations: preliminary results of a mean period of 32 months. *J Endod*. 2009 Nov;35(11):1477-82.

61. Hedlund SO, Johansson NG, Sjogren G. A retrospective study of pre-fabricated carbon fibre root canal posts. *J Oral Rehabil.* 2003 Oct;30(10):1036-40.
62. Grandini S, Goracci C, Tay FR, Grandini R, Ferrari M. Clinical evaluation of the use of fiber posts and direct resin restorations for endodontically treated teeth. *Int J Prosthodont.* 2005 Sep-Oct;18(5):399-404.
63. Mannocci F, Qualtrough AJ, Worthington HV, Watson TF, Pitt Ford TR. Randomized clinical comparison of endodontically treated teeth restored with amalgam or with fiber posts and resin composite: five-year results. *Oper Dent.* 2005 Jan-Feb;30(1):9-15.
64. Signore A, Benedicenti S, Kaitsas V, Barone M, Angiero F, Ravera G. Long-term survival of endodontically treated, maxillary anterior teeth restored with either tapered or parallel-sided glass-fiber posts and full-ceramic crown coverage. *J dent.* 2009 Feb;37(2):115-21.
65. Bonfante EA, Pegoraro LF, de Goes MR, Carvalho RM. SEM observation of the bond integrity of fiber-reinforced composite posts cemented into root canals. *Dent Mater.* 2008 Apr;24(4):483-91.
66. Ozturk B, Ozer F. Effect of NaOCL on bond strengths of bonding agents to pulp chamber lateral walls. *J Endod.* 2004 May;30(5):362-5.
67. Erdemir A, Eldeniz AU, Belli S, Pashley DH. Effect of solvents on bonding to root canal dentin. *J Endod.* 2004 Aug;30(8):589-92.
68. Leirskar J, Nordbo H. The effect of zinc oxide-eugenol on the shear bond strength of a commonly used bonding system. *Endod Dent Traumatol.* 2000 dec;16(6):265-8.
69. Baldissara P, Zicari F, Valandro LF, Scotti R. Effect of root canal treatment on quartz fiber posts bonding to root dentin. *J Endod.* 2006 Oct;32(10):985-8.
70. Demiryurek EO, Kulunk S, Yuksel G, Sarac D, Bulucu B. Effects of three canal sealers on bond strength of a fiber post. *J Endod.* 2010 Mar;36(3):497-501.

71. Koibuchi H, Yasuda N, Nakabayashi N. Bonding to dentin with a self-etching primer: the effect of smear layers. *Dent Mater*. 2001 Mar;17(2):122-6.
72. Goracci C, Sadek FT, Fabianelli A, Tay FR, Ferrari M. evaluation of the adhesion of fiber posts to intraradicular dentin. *Oper Dent*. 2005 Sep-Oct;30(5):627-35.
73. Foxton RM, Nakajima M, Tagami J, Miura H. Bonding of photo and dual-cure adhesives to root canal dentin. *Oper Dent*. 2003 Sep-Oct;28(5):543-51.
74. Gomes G, Gomes O, Reis A, Gomes J, Loguercio A, Calixto A. Effect of operator experience on the outcome of fiber post cementation with different resin cements. *Oper Dent*. 2013 Sep-Oct;38(5):555-64.
75. Sano H, Kanemura N, Burrow MF, Inai N, Yamada T, Tagami J. Effect of operator variability on dentin adhesion: students vs. dentists. *Dent Mater J*. 1998 Mar;17(1):51-8.
76. Miyazaki M, Onose H, Moore BK. Effect of operator variability on dentin bond strength of two-step bonding systems. *Am J Dent*. 2000 Apr;13(2):101-4.
77. Jacobsen T, Soderholm KJ, Yang M, Watson TF. Effect of composition and complexity of dentin-bonding agents on operator variability – analysis of gap formation using confocal microscopy. *Eur J Oral sci*. 2003 Dec;111(6):523-8.
78. Reis A, Loguercio AD, Azevedo CL, de Carvalho RM, da Julio Singer M, Grande RH. Moisture spectrum of demineralized dentin for adhesive systems with different solvent bases. *J Adhes Dent*. 2003 Fall;5(3):183-92.
79. Kanca J, 3rd. Wet bonding: effect of drying time and distance. *Am J Dent*. 1996 Dec;9(6):273-6.
80. El-Askary FS, Van Noort R. Effect of air-drying pressure and distance on microtensile bond strength of a self-etching adhesive. *J Adhes dent*. 2011 Apr;13(2):147-53.
81. Peutzfeldt A, Asmussen E. Adhesive systems: effect on Bond strength of incorrect use. *J Adhes Dent*. 2002 Fall;4(3):233-42.

82. Vichi A, Grandini S, Ferrari M. Comparison between two clinical procedures for bonding fiber posts into a root canal: a microscopic investigation. *J Endod*. 2002 May;28(5):355-60.
83. Ferrari M, Vichi A, Grandini S. Efficacy of different adhesive techniques on bonding to root canal walls: an SEM investigation. *Dent Mater*. 2001 Sep;17(5):422-9.
84. Zheng L, Pereira PNR, Nakajima M, Sano H, Tagami J. Relationship between adhesive thickness and microtensile bond strength. *Oper Dent*. 2001 Jan-Feb;26(1):97-104.
85. De Munck J, Arita A, Shirai K, Van Landuyt KL, Coutinho E, Poitevin A. Microrotary fatigue resistance of a HEMA-free all-in-one adhesive bonded to dentin. *J Adhes Dent*. 2007 Aug;9(4):373-9.
86. Thitthaweerat S, Nakajima M, Foxton RM, Tagami J. Effect of solvent evaporation strategies on regional bond strength of one-step self-etch adhesives to root canal dentine. *Int Endod J*. 2013 Nov;46(11):1023-31.
87. Souza RO, Lombardo GH, Michida SM, Galhano G, Bottino MA, Valandro LF. Influence of brush type as a carrier of adhesive solutions and paper points as na adhesive-excess remover on the resin bond to root dentin. *J Adhes Dent*. 2007 Dec;9(6):521-6.
88. D`Arcangelo C`Amario M, Vadini M, Zazzeroni S, de Angelis F, Caputi S. An evaluation of luting agente application technique effect on fibre post retention. *J Dent*. 2008 Apr;36(4):235-40.
89. Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *J Endod*. 2004 May;30(5):289-301.
90. Watzke R, Blunck U, Frankenberger R, Naumann M. Interface homogeneity of adhesively luted glass fiber posts. *Dent Mater*. 2008 Nov;24(11):1512-7.

91. Salas MM, Bocangel JS, Henn S, Pereira-Cenci T, Cenci MS, Piva E. Can viscosity of acid etchant influence the adhesion of fibre posts to root canal dentine. *Int Endod J*. 2011 Nov;44(11):1034-40.
92. Bitter K, Noetzel J, Neumann K, Kielbassa AM. Effect of silanization on bond strengths of fiber posts to various resin cements. *Quintessence Int*. 2007 feb;38(2):121-8.
93. Aksornmuang J, Foxton RM, Nakajima M, Tagami J. Microtensile bond strength of a dual-cure resin core material to glass and quartz fibre posts. *J Dent*. 2004 Aug;32(6):443-50.
94. Perdigão J, Gomes G, Lee IK. The effect of silane on the bond strengths of fiber posts. *Dent Mater*. 2006 Aug;22(8):752-8.
95. Lassila LV, Tanner J, Le Bell AM, Narva K, Vallitu PK. Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. *Dent Mater*. 2004 Jan;20(1):29-36.
96. Liu Q, Ding J, Chambers DE, Debnath S, Wunder SL, Baran GR. Filler-coupling agent-matrix interaction in silica/polymethylmethacrylate composites. *J Biomed Mater Res*. 2001 dec 5;57(3):384-93.
97. Chan KM, Tay FR, King NM, Imazato S, Pashley DH. Bonding of mild self-etching primers/adhesives to dentin with thick smear layers. *Am J Dent*. 2003 Oct;16(5):340-6.
98. Velasquez LM, Sergeant RS, Burgess JO, Mercante DE. Effect of placement agitation and placement time on the shear bond strength of 3 self-etching adhesives. *Oper Dent*. 2006 Jul-Aug;31(4):426-30.
99. Dal-Bianco K, Pellizzaro A, Patzlaft R, de Oliveira Bauer JR, Loguercio AD, Reis A. Effects of moisture degree and rubbing action on the immediate resin-dentin bond strength. *Dent Mater*. 2006 Dec;22(12):1150-6.
100. Reis A, de Carvalho Cardoso P, Vieira LC, Baratieri LN, Grande RH, Loguercio AD. Effect of prolonged application times on the durability of resin-dentin bonds. *Dent Mater*. 2008 May;24(5):639-44.

101. Miyazaki M, Platt JA, Onose H, Moore BK. Influence of dentin primer application methods on dentin bond strength. *Oper Dent*. 1996 Jul-Aug;21(4):167-72.
102. Tay FR, Pashley DH, Yoshiyama M. Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *J Dent Res*. 2002 Jul;81(7):472-6.
103. 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*. 2011 Oct;27(10):197-204.
104. Faria AL, Arias VG, Soares LE, Martin AA, Martins LR. Influence of fiber-post translucency on the degree of conversion of a dual-cured resin. *J Endod*. 2007 Mar;33(3):303-5.
105. Scotti N, Forniglia a, Bergantin E, Paolino DS, Pasqualini D, Berutti E. Fibre post adaptation and bond strength in oval canals. *Int Endod J*. 2013 Jul 3.
106. Tay FR, Gwinnet AJ, Wei SH. The overwet phenomenon: an optical, micromorphological study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. *Am J Dent*. 1996 Feb;9(1):43-8.
107. Yiu CK, Pashley EL, Hiraishi N, King NM, Goracci C, Ferrari M. Solvent and water retention in dental adhesive blends after evaporation. *Biomaterials*. 2005 Dec;26(34):6863-72.
108. Paul SJ, Leach M, Rueggeberg FA, Pashley DH. Effect of water content on the physical properties of model dentine primer and bonding resins. *J Dent*. 1999 Mar;27(3):209-14.
109. Goracci C, Corciolani G, Vichi A, Ferrari M. Light-transmitting ability of marketed fiber posts. *J Dent Res*. 2008 Dec;87(12):1122-6.
110. Morgan LFDA, Peixoto RTRD, Albuquerque RD, Poletto LTA, Correa MFS, Pinotti MB. Light transmission through a translucent fiber post. *J Endod*. 2008 Mar;34(3):299-302.
111. Li H, Burrow MF, Tyas MJ. Nanoleakage patterns of four dentin bonding system. *J Adhes Dent*. 2000 Spring;2(1):57-65.

112. Disckens 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. *Dent Mater.* 2005 Apr;21(4):354-64.
113. Navarra CO, Goracci C, Breschi L, Vichi A, Corciolani G, Cadenaro M. Influence of post type on degree of conversion of a resin-based luting agent. *Am J Dent.* 2012 Feb;25(1):17-20.
114. Navarra CO, Breschi L, Turco G, Diolosa M, Fontanive L, Manzoli L. Degree of conversion of two-step etch-and-rinse adhesives: In situ micro-Raman analysis. *J Dent.* 2012 Sep;40(9):711-7.
115. Miletic V, Santini A, Trkulja I. Quantification of monomer elution and carbon-carbon double bonds in dental adhesive systems using HPLC and micro-Raman spectroscopy. *J Dent.* 2009 Mar;37(3):177-84.
116. Hass V, Dobrovolski M, Zander-Grande C, Martins G, Arana A, Rodrigues M. Correlation between degree of conversion, resin-dentin bond strength and nanoleakage of simplified etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater.* 2013 Sep;29(9):921-8.

Anexo A

**Aprovação pela Comissão de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de
Ponta Grossa**

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação das propriedades adesivas à dentina radicular de adesivos convencionais e autocondicionantes simplificados, variando a técnica de aplicação.

Pesquisador: Alessandro Dourado Loguercio

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 14391213.0.0000.0105

Instituição Proponente: Universidade Estadual de Ponta Grossa

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 268.529

Data da Relatoria: 23/05/2013

Apresentação do Projeto:

Cinto e oitenta pré-molares serão seccionados abaixo a junção amelo-cementária, será realizada tratamento padronizado dos condutos em todos os dentes, e os mesmos serão armazenados durante uma semana a 37°C. Em seguida, o preparo dos condutos será feito com brocas do mesmo sistema dos pinos. Os dentes serão divididos aleatoriamente em três grupos dependendo da técnica de aplicação do sistema adesivo: aplicação suave - AS, aplicação ativa manual - AM, e aplicação vibratória - AV; que serão feitas com diferentes sistemas adesivos três convencionais simplificados e três autocondicionantes simplificados. Após será feita a cimentação dos pinos e as raízes serão armazenadas em água destilada 37% durante uma semana. Após esse tempo será realizado o teste de push out, nanoinfiltração e análise do grau de conversão. Os dados obtidos em cada teste serão submetidos à análise apropriada.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Avaliar as propriedades adesivas (resistência de união, nanoinfiltração e grau de conversão in situ) entre o pino e dentina radicular através de cimento resinoso e sistemas adesivos convencionais e autocondicionantes simplificados utilizando aplicação ativa e vibratória tanto no tempo imediato como após 6 meses de armazenamento.

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748 bl M sala 12

Bairro:

CEP: 84.030-900

UF: PR

Município: PONTA GROSSA

Telefone: (42-)3220-3108

Fax: (42-)3220-3102

E-mail: seccoep@uepg.br

Continuação do Parecer: 268.529

Objetivo Secundário:

1. Avaliar as propriedades adesivas (resistência de união, nanoinfiltração e grau de conversão in situ) em dentina radicular segundo a técnica de aplicação do sistema adesivo. 2. Avaliar a propriedades adesivas (resistência de união, nanoinfiltração e grau de conversão in situ) em dentina radicular com diferentes sistemas adesivos na cimentação do pino no conduto radicular. 3. Analisar as propriedades adesivas (resistência de união, nanoinfiltração e grau de conversão in situ) nos tempos imediato e após 6 meses de armazenamento.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os riscos são: prejudicar os olhos com a luz do fotopolimerizador, se machucar com as brocas ou limas, mas com uso do EPI pode se evitar esses riscos

Benefícios:

Contribuir para a ciência

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa é pertinente.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresentou a Declaração do Banco de Dentes assinada.

Recomendações:

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Foram escritos todos os objetivos;

Foi Anexada a Declaração do Banco de Dentes assinada.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748 bl M sala 12

Bairro:

CEP: 84.030-900

UF: PR

Município: PONTA GROSSA

Telefone: (42-)3220-3108

Fax: (42-)3220-3102

E-mail: seccoop@uepg.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
PONTA GROSSA - UEPG



Continuação do Parecer: 268.529

PONTA GROSSA, 10 de Maio de 2013

Assinador por:
ULISSES COELHO
(Coordenador)

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748 bl M sala 12
Bairro: **CEP:** 84.030-900
UF: PR **Município:** PONTA GROSSA
Telefone: (42-)3220-3108 **Fax:** (42-)3220-3102 **E-mail:** seccoep@uepg.br

Anexo B

Termo de Doação do Banco de Dentes da Universidade estadual de Ponta Grossa

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
CURSO DE ODONTOLOGIA
Banco de Dentes Humanos

DECLARAÇÃO À COMISSÃO DE ÉTICA EM PESQUISA

Para fins de avaliação pela Comissão de Ética em Pesquisa em Seres Humanos dessa instituição, o Banco de Dentes Humanos da UEPG apresenta dentes disponíveis necessários para elaboração desta pesquisa.

Sendo assim, após aprovação da COEP/UEPG, nossa contribuição consistirá no oferecimento de **180 (cento e oitenta) pré-molares unirradiculares** para execução do trabalho de pesquisa intitulado: **Avaliação das propriedades adesivas à dentina radicular de adesivos convencionais e autocondicionantes simplificados, variando a técnica de aplicação**, a ser realizado por **Johanna Lizbeth Cuadros Sánchez, Giovana Mongruel Gomes e Anna Luiza Szesz**, orientadas pelo **Prof. Dr. Alessandro Loguercio**.

Ponta Grossa, 06 de março de 2013.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Banco de Dentes Humanos


Profª Vania A. O. Queiroz
Coordenadora