

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

CAROLINA GEALH NAVARRO ESCOBAR

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO ULTRASSÔNICA EM DIFERENTES
SISTEMAS ADESIVOS NA ADESÃO DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO AO CANAL
RADICULAR.**

PONTA GROSSA

2016

CAROLINA GEALH NAVARRO ESCOBAR

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO ULTRASSÔNICA EM DIFERENTES
SISTEMAS ADESIVOS NA ADESÃO DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO AO CANAL
RADICULAR.**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto sensu em Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa como pré-requisito para exame de defesa para obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração em Dentística Restauradora.

Linha de pesquisa em Propriedades Físico-Químicas e Biológicas de Materiais Dentários.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Gomes

Co-orientador: Prof. Dr. Abraham Lincoln Calixto

PONTA GROSSA

2016

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

E74 Escobar, Carolina Gealh Navarro
Influência da aplicação ultrassônica em
diferentes sistemas adesivos na adesão de
pinos de fibra de vidro ao canal
radicular/ Carolina Gealh Navarro Escobar.
Ponta Grossa, 2016.
69f.

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

Orientador: Prof. Dr. João Carlos
Gomes.

Coorientador: Prof. Dr. Abraham Lincoln
Calixto.

1.Adesivos dentinários. 2.Resistência à
tração. 3.Microscopia eletrônica de
varredura. 4.Ultrassom. I.Gomes, João
Carlos. II. Calixto, Abraham Lincoln.
III. Universidade Estadual de Ponta
Grossa. Mestrado em Odontologia. IV. T.

CDD: 617.6

TERMO DE APROVAÇÃO

CAROLINA GEALH NAVARRO ESCOBAR

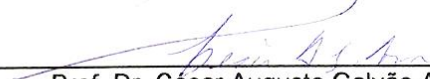
INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO ULTRASSÔNICA EM DIFERENTES SISTEMAS ADESIVOS NA ADESÃO DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO AO CANAL RADICULAR.

Dissertação apresentada como pré-requisito para obtenção do título de Mestre na Universidade Estadual de Ponta Grossa, no Curso de Mestrado em Odontologia – Área de Concentração em Dentística Restauradora. Linha de Pesquisa: Propriedades físico-químicas e biológicas de materiais.

Ponta Grossa, 18 de fevereiro de 2016



Prof. Dr^a. João Carlos Gomes - Orientador
Universidade Estadual de Ponta Grossa



Prof. Dr. César Augusto Galvão Arraiais
Universidade Estadual de Ponta Grossa



Prof^a. Dr^a. Viviane Hass
Centro Universitário do Maranhão

Dedico esta dissertação primeiramente a Deus, pela fé, perseverança e paciência proporcionados, em memória à minha querida avó, que tanto torceu e orou por mim, sei que estaria radiante ao ver mais essa conquista, e a minha amada mãe por sempre ter sido a minha melhor amiga e confidente, por ter me ajudado em TODOS os momentos, almejando sempre o melhor para minha vida. Amo vocês!

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Carlos Gomes por contribuir no meu crescimento pessoal e profissional, pela oportunidade concedida, amizade, confiança, estímulo e apoio constantes.

Ao co-orientador, Prof. Dr. Abraham Lincoln Calixto, pela oportunidade concedida.

Ao Dr. John Alexis Domingues, pela amizade, estímulo, boa vontade em me auxiliar, pelas sugestões, dedicação, revisão do texto e tratamento estatístico dos dados, valeu John.

À Profa. Dra. Giovana Mongruel Gomes pela disponibilidade, atenção, sugestões, revisão de texto, estímulo e boa vontade sempre presente.

À Banca de Qualificação composta pela Profa. Dra. G Alessandra Reis e pela Profa. Dra. Vivianne Hass por participarem na minha banca examinadora, obrigada pela disposição em ler meu trabalho, pelas valiosas sugestões e

À Profa. Dra. Osnara Maria Mongruel Gomes, que em sua gestão como Coordenadora Geral da Pós-Graduação em Odontologia, desempenhou todo esforço para proporcionar as melhores condições de aprendizagem e pela disponibilidade e amizade concedida.

À Profa. Dra. Denise Wambier, atual Coordenadora Geral de Pós-Graduação em Odontologia por todo empenho.

A Fundação Araucária pela concessão da Bolsa.

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

À Profa. Dra. Alessandra Reis e Alessandro Loguércio que supervisionaram o meu estágio docente na clínica de Dentística Restauradora, pelos ensinamentos transmitidos e pela amizade.

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

A técnica de laboratório Ms. Simone Sabino pelo apoio, amizade, boa vontade e colaboração no trabalho laboratorial.

A todos os colegas de turma do Mestrado pelo convívio e por terem compartilhado comigo essa etapa de minha vida. Em especial Driellen Zarpellon, por sempre ter estado disposta a dividir seu conhecimento e me ajudar nos momentos em que mais precisei, pela amizade e pelo apoio e a Thaís Bakaus pela amizade e cumplicidade.

As minhas queridas amigas, Isabela Almeida, Luiza Maia, Nataly Ferreira Moura, Nurielly Maynard Ferreira pela amizade,

carinho e apoio incondicional, por terem sido sempre um apoio nos momentos mais difíceis e também pelos momentos de descontração. Obrigado por terem compartilhado momentos especiais comigo.

As minhas eternas e inesquecíveis amigas de graduação, Camila Picini, Danielle Dias, Jeniffer Perusolo, Marília Vidal, Samira Veronese que apesar da distância estão sempre presentes, torcendo pelos meus sonhos, com palavras de incentivo.

Ao meu namorado Victor Delavia por todo apoio nesta etapa final, pela presença, pelo carinho e compamheirismo.

A Universiade Estadual de Ponta Grossa onde tive a oportunidade de crescer e me desenvolver profissionalmente.

Ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa pela oportunidade a mim concedida de me formar como Mestre.

A todos aqueles que de forma direta ou indireta participaram de mais esta etapa importante em minha vida.

A minha querida mãe por me apoiar em todos os momentos, por ser minha melhor amiga e companheira, pelas palavras de sabedoria, pela paciência, pelo carinho, compreensão, por suas sábias lições de ânimo, esperança e fé.

A minha querida avó (in memória), Dona Ana, pela atenção e carinho, por sempre me defender e estar ao meu lado, por terorado incansavelmente e torcido por todos meus sonhos, por sua bênção, por suas palavras sábias e até mesmo, às vezes, pelo seu silêncio, transmitindo todo seu amor através de um olhar, de um gesto, te amarei eternamente minha vozinha querida.

A Deus, por ter me dirigido sempre no melhor caminho, por ter me segurado no colo ao longo de toda trajetória, lapidando meu caráter, aumentando a minha determinação e fé.

Obrigado a todos por tudo!

DADOS CURRICULARES

Carolina Gealh Navarro Escobar

NASCIMENTO	27.12.1990	Maringá - Brasil.
FILIAÇÃO	Ana Maria Gealh	
	Oscar Edgardo Navarro Escobar	
2009/2013	Curso de Graduação	Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa - Brasil.
2012/2013	Curso de Aperfeiçoamento em Endodontia.	Associação Brasileira de Odontologia (ABO). Ponta Grossa, Paraná-Brasil.P
2015/2015	Curso de Aperfeiçoamento em “ Técnicas Avançadas em Restauração em Resina Composta I”.	Faculdade Ingá. Maringá-Brasil.
2014/2016	Curso de Pós-Graduação em Odontologia,	Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, nível de Mestrado em Odontologia - Área de Concentração em Dentística Restauradora. Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, nível de Mestrado em Odontologia - Área de Concentração em Dentística

RESUMO

Escobar CGN. **Influência da aplicação ultrassônica de diferentes sistemas adesivos na adesão de pinos de fibra de vidro ao canal radicular** [Defesa - Mestrado em Odontologia – Área de concentração em Dentística Restauradora]. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2016.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do modo de aplicação de sistemas adesivos nos valores de resistência de união (RU), nanoinfiltração (NI) e grau de conversão (GC) da camada híbrida após a cimentação dos pinos no interior do conduto radicular. Canais de 66 pré-molares unirradiculares foram tratados endodônticamente, e foram aleatoriamente divididos em seis grupos (n=11) de acordo com a combinação da técnica de aplicação adesiva (manual passiva, manual ativa e aplicação vibratória com um dispositivo ultrassônico) e dos sistemas adesivos com seus respectivos cimentos resinosos (Sistema Adesivo Adper Single Bond 2 com RelyX ARC e Single Bond Universal e RelyX Ultimate [3M ESPE]). Após uma semana dos procedimentos de cimentação, cada raiz foi seccionada transversalmente em seis discos com 1 mm de espessura cada, e os terços coronário (TC), médio (TM) e apical (TA) do canal radicular identificados. Sete raízes por grupo (n=7) foram submetidas ao teste de *push-out* para avaliação da RU, a uma velocidade de 0,5 mm/min. Duas raízes por grupo (n=2) foram imersas em 50% de nitrato de prata, e após revelação, foram analisadas por MEV para avaliação da NI, e os corpos de prova das duas raízes restantes de cada grupo (n=2) foram avaliadas por espectroscopia de micro-Raman para medir GC. Os dados de RU, NI e GC foram analisados por análise de variância de 3 fatores de medidas repetidas (terço radicular) e teste de Tukey (5%). Com os resultados obtidos, foi observado: aumento de resistência de união com a utilização da aplicação ativa (manual e ultrassônica) do adesivo. Maiores valores de infiltração de nitrato utilizando o sistema adesivo Adper Single Bond, uma redução dos valores de infiltração de nitrato utilizando o protótipo de ultrassom em relação aplicação ativa. No teste de grau de conversão foi observado um aumento significativo de GC nos terços cervical e médio com a utilização da aplicação ativa e em todos os terços utilizando o protótipo de ultrassom, na aplicação passiva utilizando o adesivo Single Bond Universal foram obtidos os piores resultados.

Palavras-Chave: Adesivos Dentinários, Resistência à Tração, Microscopia Eletrônica de Varredura, Ultrassom.

ABSTRACT

Escobar CGN. **Effect of ultrasonic application of different adhesive systems on the adhesion of glass fiber posts to root canal.** [Defesa - Mestrado em Odontologia – Área de concentração em Dentística Restauradora]. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2016.

The aim of this study was evaluate the influence of the application mode of adhesive systems on the *push-out* bond strenght (POBS), silver nitrate uptake (SNU) and *in situ* degree of conversion (ISDC) on the hibrid layer after cementation luted posts. The roots of 66 human premolars were prepared and divided in six groups (n=11), according to the following combination: application mode (manual passive, manual active and ultrasonic vibration) and etch and rinse and self-etch adhesive systems (Adper Single Bond 2 and Single Bond Universal). The posts were cemented in accordance with the manufacturer's instructions of each cementation system. After one week of water storage, the roots were sectioned transversely into six slabs and were tasted in POBS (0.5mm/min). Two roots for group were data 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%). With the results obtained, it was observed: bond strength increased with the use of active application (manual and ultrasonic) of the adhesive. Using adhesive system Adper Single Bond the nitrate leakage values increase but with ultrasound prototype the nitrate leakage values reduce in relation active application. In ISDC a significant increase in the cervical and middle thirds with active application was observed and all thirds using ultrasound prototype, the passive application using Single Bond Universal adhesive showed worse results.

Key words: Dentin-Bonding Agents, Tensile Strenght, Scanning Electron Microscopy, Ultrasonics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01	Comprimento radicular.....	34
Figura 02	Agentes cimentantes.....	36
Figura 03	Fluxograma com a distribuição dos grupos experimentais.....	36
Figura 04	Sequência do procedimento adesivo.....	40
Figura 05	Sequência da cimentação do pino.....	40
Figura 06	Fotomicrografias detidas por MEV.....	45
Figura 07	Fotomicrografias representativas do MEV das interfaces pós-cimentação do grupo Adper Single Bond+RelyX ARC.....	49
Figura 08	Fotomicrografias representativa da MEV das interfaces do grupo Adper Single Bond+RelyX ARC.....	50
Figura 09	Fotomicrografias representativa da MEV das interfaces do grupo Single Bond Universal+RelyX Ultimate.....	51
Figura 10	Fotomicrografias representativa da MEV das interfaces do grupo com Single Bond Universal+RelyX Ultimate.....	52
Quadro 01	Descrição dos materiais utilizados.....	37
Quadro 02	Modo de aplicação dos materiais utilizados.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Média e desvio padrão da resistência de união (RU) por teste de <i>push-out</i> (MPa) para cada condição experimental	43
Tabela 02	Média e desvio padrão da RU das interações duplas: aplicação/terço.....	43
Tabela 03	Média e desvio padrão da RU das interações duplas: adesivo/aplicação.	43
Tabela 04	Média e desvio padrão gerais de nanoinfiltração (NI).....	44
Tabela 05	Média e desvio padrão da NI das interações duplas: adesivo/terço.....	44
Tabela 06	Média e desvio padrão da NI das interações duplas: aplicação/adesivo.	44
Tabela 07	Média e desvio padrão gerais de grau de conversão GC.....	45
Tabela 08	Média e desvio padrão do GC das interações duplas: aplicação/terço... ..	45
Tabela 09	Média e desvio padrão do GC das interações duplas: aplicação/adesivo.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD	Área adesiva
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
Ce	Cimento resinoso
Cm	Centímetro
COEP	Comissão de Ética em Pesquisa
CR	Canal radicular
CT	Comprimento de trabalho
CV	Cimento de ionômero de vidro
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	<i>In situ</i> 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
MA	Manual ativa
MEV	Microscopio Eletrônica de Varredura

µm	Micrômetro
min	Minuto
mm	Milímetro
mm ²	Milímetros quadrado
mm/min	Milímetro por minuto
mL	Mililitros
MP	Manual passiva
MPa	MegaPascal
n	Número amostral
np	Não amostral
N	Newton
NaOCl	Hipoclorito de sódio
NI	Nanoinfiltração em nitrato de prata
p	Polimerizado
Po	Pino fibra de vidro
POBS	<i>Push-out</i> bond strength
PPU	Protótipo da ponta de ultrassom
PVC	Policloreto de vinila
R	Raio coronário
r	Raio apical
rpm	Rotações por minuto
RU	Resistência de união
s	Segundo
SBR	Adper Single Bond 2 e RelyX ARC
SUU	Single Bond Universal e RelyX Ultimate
TA	Terço apical
TC	Terço coronal
TM	Terço médio
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.....	16
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1 Diferentes técnicas de aplicação dos sistemas adesivos	19
2.2 Diferenças entre as regiões do conduto radicular	23
2.3 Comparação entre diferentes sistemas adesivos e agentes cimentantes.....	26
3 PROPOSIÇÃO	33
3.1 Proposição geral	33
3.2 Proposição específica	33
4 MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1 Seleção dos dentes.....	34
4.2 Preparo dos dentes	35
4.3 Grupos experimentais	36
4.4 Procedimento Adesivo	38
4.5 Cimentação dos pinos	39
4.6 Preparo dos espécimes para os diferentes testes	42
4.7 Análise da resistência de união (RU) por teste de <i>push-out</i>	42
4.8 Análise da nanoinfiltração (NI) em microscópio eletrônico de varredura (MEV)	44
4.9 Análise do grau de conversão (GC) <i>in situ</i> por espectroscopia micro-Raman	45
4.10 Análise Estatística	46
5 RESULTADOS	47
5.1 Análise da resistência de união (RU) por teste de <i>push-out</i>	47
5.2 Análise da nanoinfiltração (NI) por microscopia eletrônica de varredura (MEV)	48
5.3 Análise do grau de conversão (GC)	53
6 DISCUSSÃO	54
7 CONCLUSÃO	58
6 REFERÊNCIAS	59
ANEXO A: Termo de doação do Banco de Dentes da Universidade	

Estadual de Ponta Grossa	66
ANEXO B: Parecer da Comissão de Ética em Pesquisa da Universidade	
Estadual de Ponta Grossa	68

1 INTRODUÇÃO

Situações clínicas em que o elemento dental tratado endodonticamente perde mais da metade do remanescente coronário, seja por cárie, fratura ou preparos cavitários extensos, recomenda-se o emprego de pinos intra-radulares (Christensen et al.¹ 1998, Mitsui et al.² 2004). Em busca de materiais cada vez mais biocompatíveis e estéticos, os pinos de fibra de vidro têm sido muito utilizados proporcionando retenção e estabilidade da prótese ou material restaurador coronário (Reis et al.³ 2008). O módulo de elasticidade desses pinos é semelhante ao da dentina (Goraccire et al.⁴ 2004) reduzindo o risco de fraturas radulares (Hayashi et al.⁵ 2008), o tempo clínico também é reduzido por serem elementos pré-fabricados (Albashaireh et al.⁶ 2009, Saraiva et al.⁷ 2014), e ainda oferecem resiliência e retentividade, apresentando uma adesão satisfatória entre dentes e pino de fibra (Feuser et al.⁸ 2005).

A retenção dos pinos de fibra depende de vários fatores, dentre eles a qualidade da resistência de união entre o agente resinoso cimentante e o pino de fibra e entre o cimento resinoso e a dentina radicular (Prado et al.⁹ 2013). A adesão de cimentos resinosos preconiza seu uso associado a adesivos dentinários, podendo ser convencionais ou autocondicionantes, dependendo da recomendação do fabricante (De Munck et al.¹³ 2005). Diferentes sistemas adesivos podem ser utilizados na cimentação de pinos de fibra dentro do conduto radicular, incluindo fotopolimerizáveis, autopolimerizáveis ou de polimerização dual (Schwartz et al.⁵ 2004). Para a realização de uma adesão satisfatória na interface dentina-pino, o sistema adesivo e cimento resinoso devem ser devidamente polimerizados. No entanto, é difícil transmitir luz para a região apical do canal radicular (Hayashi et al.⁵ 2008), assim, os adesivos de polimerização dual são alternativas interessantes resultando em uma adesão mais adequada, em comparação aos adesivos fotopolimerizáveis (Foxton et al.¹² 2003, Akgunogor et al.¹¹ 2006).

Além das implicações pela dificuldade de transmissão de luz para a região apical do conduto radicular, as difíceis condições ofertadas pelo ambiente do conduto radicular, incluindo visibilidade limitada, sendo uma estrutura irregular na região apical (Mjör et al.¹⁴ 2001), apresentar um maior fator de configuração cavitária do que a dentina coronal (Tay et al.¹⁵ 2005) contribuem com a diminuição

de resistência de união do cimento-dentina radicular. Portanto, a adesão entre agente cimentante resinoso e dentina é considerada mais fraca, comparado à adesão interface cimento-pino (Zhang et al.¹⁶ 2008, Ebrahimi et al.¹⁷ 2014).

Além das falhas encontradas nos materiais odontológicos, ainda temos características histológicas e anatômicas do canal radicular, que podem ter influência decisiva frente a respostas dos materiais dentários. Ferrari et al.¹⁸ (2000) afirmam que a densidade dos túbulos dentinários diferem do terço coronário ao apical. No terço coronário a densidade tubular é significativamente maior quando comparada ao terço médio e apical. Já o diâmetro dos túbulos dentinários radiculares decresce gradualmente para apical. Observaram ainda, que em áreas de baixa densidade tubular a camada híbrida foi significativamente mais fina quando comparada aos terços médio e coronário, sendo 4.5 μm no terço coronário, 2.5 μm no terço médio e 1.2 μm no terço apical. Sendo assim, cada área da dentina radicular interfere nas respostas aos materiais dentários com diferentes intensidades.

Por apresentarem essas variações anatômicas, os valores de resistência de união mais altos no terço coronário, comparado com os terços médio e apical geralmente são esperados, de acordo com a maioria dos estudos (Akkayan et al.¹⁹ 2006, Menezes et al.²⁰ 2008, Ohlmann et al.²¹ 2008, Gomes et al.²² 2013). A explicação mais aceita pode ser devido à alta densidade dos túbulos dentinários (Bitter et al.²³ 2006) e a formação de tags de resinas mais compridos nessa área. Outra explicação seria uma melhor acessibilidade durante os procedimentos adesivos nesse terço, como uma maior facilidade de aplicação dos materiais (sistema adesivo e cimento resinoso), uma polimerização segura e eficaz, uma vez que pode ocorrer um comprometimento da polimerização dos materiais adesivos no terço apical; além de que no terço apical é o local onde se concentra uma maior quantidade de smear layer, debris e remanescentes de cimento endodôntico e guta-percha após o preparo mecânico do pino e o condicionamento ácido (Gomes et al.²² 2013).

Considerando estes fatores, que dificultam a adesão dos pinos de fibra, algumas estratégias têm sido sugeridas na literatura a fim de diminuir as implicações ofertadas pelos materiais para melhorar o desempenho dos sistemas adesivos.

Referente a novas técnicas de aplicação alguns estudos têm apresentado melhores resultados para técnicas de aplicação ativa em relação à aplicação manual passiva (Pasquantonio et al. ²³ 2007, do Amaral et al. ²⁴ 2010, Zhang et al. ²⁵ 2013, Cuadros-Sanchez et al. ²⁶ 2014, Mena-Serrano et al. ²⁷ 2014). A explicação mais evidente é que estas formas de aplicação permitem 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. ²⁸ 2006) além de promover a dissolução da smear layer para alcançar uma melhor interação micromecânica com o substrato subjacente (Chan et al. ²⁹ 2003).

Diferente do aparelho sônico que opera em uma frequência de 170 Hz utilizado por Cuadros-Sanchez et. al. ³⁰ (2010), o aparelho de ultrassom opera em uma energia com uma frequência acima da faixa auditiva do ser humano de 20.000 Hz. A faixa de frequência utilizada nas unidades de ultra-som originais é entre 20.000 e 40.000 Hz. Por se tratar de um aparelho adquirido pela maioria dos cirurgiões dentistas foi pensando em uma ponta que se encaixe no ultrassom para aplicação dos sistemas adesivos. Esta nova técnica, mais barata do que o aparelho sônico Cuadros-Sanchez et. al. ³⁰ (2010) e mais precisa, por dispensar o processo de calibração do operador, sendo menos sensíveis à experiência do mesmo, sensibilidade esta, a qual pode influenciar o desempenho de resistência de união para cimentação adesiva de pinos intra-radiculares Miyazaki et al. ³¹ (2000) Gomes et al. ³² (2013), nos leva pensar em melhores resultados de adesão dentina-pino de fibra.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da resistência de união *push-out*, da nanoinfiltração e grau de conversão de adesivos aplicados manualmente, com aplicação passiva, aplicação ativa e com um protótipo de uma ponta de ultrassom, dentro do conduto radicular.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Diferentes técnicas de aplicação dos sistemas adesivos

O propósito do trabalho de Pasquantonio et. al. ²³ (2007) foi avaliar os efeitos do campo elétrico produzidos por um novo dispositivo utilizado para aplicação de adesivos convencionais em superfície da dentina desmineralizada. Foram utilizados 30 terceiros molares humanos, foram removidos o esmalte e dentina radicular, foram criados então esfregaços padronizados de *smear layer* na exposição de dentina coronal, cada dente foi seccionado longitudinalmente em duas metades. Os espécimes foram divididos aleatoriamente (n=10) utilizando três tipos de adesivos convencionais simplificados (Single Bond, Prime & Bond NT e One-Step), na metade de cada dente os adesivos foram aplicados com o dispositivo elétrico ElectroBond (Seti), e comparados com os grupos controles utilizando o mesmo método, mas com a corrente elétrica desligada. Cada adesivo foi fotopolimerizado por 20 s, e aplicada uma camada de 2 mm de resina micro-híbrida, fotopolimerizado por 20 s. As amostras foram elaboradas, preparando palitos com áreas de aproximadamente 0,9 mm² e o teste de microtração foi realizado, os modos de falha foram avaliados e classificados. Como os valores não foram distribuídos normalmente (teste de Kolmogorov-Smirnof), foi utilizado o teste Mann-Whitney para comparar os dados ($\alpha = 0,05$). Espécimes foram preparados para avaliar a nanoinfiltração, com solução de amoniacal de AgNO₃ a 50 %, após 24 h as amostras foram fotoreveladas para reduzir os íons de prata diamina. Após o procedimento, foram polidas, desidratadas e examinadas no aparelho FE-MEV (JSM 890) em 7 kV e 1 × 10⁻¹² A. O teste de microtração revelou maior resistência de união ($p < 0,05$) para todos os adesivos testados que utilizaram eletricidade. As interfaces adesivas preparadas com impulsos elétricos exibiram camadas híbridas muito homogêneas com pouca nanoinfiltração em comparação com os do grupo controle. Concluiu-se, portanto, que a eletricidade produzida pelo novo aparelho de aplicação eletrônica na adesão da dentina pode aumentar a adaptação do adesivo no substrato dentinário e melhorar a hibridização da dentina devido às modificações dos substratos induzidas por um campo elétrico na matriz orgânica da dentina desmineralizada.

O objetivo do estudo de Bagis et al. ³³ (2009) foi verificar a resistência de união por meio do teste de microtração de diferentes sistemas adesivos

autocondicionantes utilizando um aparelho de ultrassom durante a aplicação de adesivos, para testar se agitação do mesmo, seria capaz de melhor seu desempenho de união. Neste estudo foram utilizados apenas a dentina coronária de 42 molares. Os dentes foram divididos em 7 grupos (n=6). No grupo controle os procedimentos adesivos foram realizados de acordo com as recomendações do fabricante. Os adesivos de escolha foram Clearfil S3 Bond e Futurabond NR, sistemas adesivos autocondicionantes de frasco único, Clearfil SE Bond, sistema autocondicionante de dois frascos (primer e Bond). Nos grupos experimentais os materiais adesivos foram aplicados com aparelho de ultrasom pelo período recomendado pelo fabricante (20 s). Quando utilizado o Clearfil SE Bond, o aparelho ultrassônico foi utilizado tanto no primer quanto no adesivo. O aparelho de ultrassom foi utilizado na potência três do modo de funcionamento P (periodontal). A sonda foi aplicada em toda superfície das amostras sem água. Após a polimerização foram colocados incrementos de resina composta (Clearfil AP-X) a uma altura de 5 mm e fotopolimerizada. Os dentes foram seccionados perpendicular à interface, em feixes retangulares, os quais foram classificados em grupos marginais e centrais. Os feixes foram medidos com um paquímetro digital, submetidos ao teste de microtração a uma velocidade de 0,5 mm/min. As falhas foram observadas em um microscópio estereoscópico sendo classificados como: falha de adesão entre o composto e dentina; coesão falha dentro ou o composto ou a dentina; ou tipo misto de fracasso. Os dados foram analisados utilizando ANOVA três fatores, utilizando como fatores independentes agitação do ultrassom, posição do feixe dentro do dente [marginal / centro], e o sistema adesivo, seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$). Este estudo mostrou que a agitação ultrassônica durante a aplicação de adesivos autocondicionantes de frasco único (S3 Bond, Futurabond NR) e dois passos (Clearfil SE Bond) não influencia a resistência de união à dentina.

O objetivo do estudo de Amaral et al.²⁴ (2010) foi avaliar a resistência de união resina-dentina e nanoinfiltração de diferentes sistemas adesivos autocondicionantes de um passo aplicados de forma passiva ou com agitação na superfície dentinária. Foram utilizados 30 molares, o esmalte oclusal foi removido, para que a dentina superficial ficasse exposta. Foram utilizados três diferentes tipos de adesivos autocondicionantes de um passo, de acordo com seus valores de pH: TClearfil S3 Bond (S3, Kuraray) –leve ($\text{pH} > 2$); Xeno III (XE, Dentsply) –moderado ($1 < \text{pH} < 2$) e Adper Prompt L-Pop (AD, 3M ESPE) –agressivo ($\text{pH} < 1$). Os adesivos foram

aplicados passivamente, sendo apenas espalhados por toda superfície por aproximadamente 3-5 s, ou com agitação, agitados rigorosamente sobre a superfície dentinária por aproximadamente 15-20 s. Incrementos de resina composta foram feitos e os espécimes foram então armazenados em água (37° C/24 h). Os espécimes foram seccionados longitudinalmente na direção "x" e "y" (0,8 mm²). Dois palitos de cada dente foram separados para avaliação em microscópio eletrônico de varredura (MEV), e todos os outros foram utilizados para teste de resistência de união na máquina universal (Emic) a 0,5 mm/min. Os modos de falha foram avaliados em 400x (HNV-2, Shimadzu). Para avaliação de nanoinfiltração os corpos-de-prova foram revestidos com esmalte de unha, colocados em nitrato de prata e polidos com papel de SIC. Os resultados de ambos experimentos foram submetidos a ANOVA dois fatores e teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Em relação ao teste de resistência de união, apenas o modo de aplicação foi estatisticamente significativo ($p=0,01$), todos os adesivos mostraram maior resistência de união quando aplicados com agitação. Em relação à nanoinfiltração, apenas o fator adesivo foi estatisticamente significativo. Foi localizada uma quantidade maior de absorção de nitrato de prata, localizadas em ambas as camadas híbridas e adesivas do adesivo Adper Prompt L-Pop, independente do modo de aplicação. Portanto, conclui-se que a aplicação do adesivo com agitação na superfície dentinária é uma ferramenta capaz de melhorar a resistência de união resina-dentina dos adesivos autocondicionantes de uma etapa; no entanto, esse mecanismo não mostrou nenhuma melhora significativa na resistência da camada híbrida à absorção de nitrato de prata.

Zhang et al.²⁵ (2013) observaram a influência do modo de aplicação do sistema adesivo, verificando o grau de desmineralização da dentina (DD) e grau de conversão (GC) entre dentina e adesivos autocondicionantes. Um terço da coroa de 30 molares humanos foi removida, foram preparados pedaços retangulares de dentina, para aplicação de dois tipos de adesivos de um passo, autocondicionantes: Adper Easy Bond (AEB, PH~2,5) e Adper Prompt L-Pop (APLP, PH~0,8) utilizando aplicação ativa (15 s) ou aplicação inativa (15 s). As lascas de dentina foram fraturadas expondo as interfaces adesivo/dentina, as quais foram analisadas pela espectroscopia micro-Raman microscópio eletrônico de varredura (MEV). A morfologia de interface, o grau de DD e o GC da força do adesivo APLP mostrou maior diferença significativa nos diferentes modos de aplicação do que a AEB. A APLP mostrou menor adesividade na interface adesivo/dentina, quando aplicada

sem agitação, evidenciada pelo descolamento do substrato dentinário. Os valores de GC e grau de DD no APLP com agitação foram maiores do que sem agitação na interface em contraste com os valores de GC e DD do grupo dos espécimes AEB com diferentes modos de aplicação. As análises do espectro Raman revelaram a importância da interação química entre monômeros ácidos dos adesivos autocondicionantes e dentina. A interação química com a dentina é importante para aumentar o grau de conversão de resistência do adesivo autocondicionante nas interfaces adesivo/resina. A aplicação ativa pode beneficiar a eficácia da polimerização através da força de adesão do adesivo autocondicionante pelo aumento na interação química do adesivo com o substrato dentinário.

Cuadros-Sanchez et al.²⁷ (2014) compararam a resistência de união, nanoinfiltração e grau de conversão entre diferentes adesivos convencionais e cimentos resinosos, utilizando aplicação manual e um dispositivo sônico para aplicação dos adesivos antes da cimentação dos pinos de fibra de vidro. Foram utilizados 66 pré-molares, extraídos e tratados endodonticamente. Os grupos foram divididos pela combinação do sistema adesivo/cimento resinoso: (Ambar/All Cem [FGM], Adper Single Bond 2/RelyX ARC [3M ESPE], e auto-polimerizável XP-Bond/Enforce [DeTrey Dentsply]) e modo de aplicação. A aplicação sônica foi realizada com um protótipo de um aplicador sônico, na frequência média de 170 Hz. Ao final da cimentação dos pinos, os mesmos foram armazenados por uma semana a 37° C, as raízes foram seccionadas em seis discos (1 mm cada) e submetidos ao teste de *push-out* a uma velocidade de 0,5 mm/min para avaliação da resistência de união. Duas raízes por grupo foram imersas em 50% de nitrato de prata, e após revelação, foram analisadas por MEV para medir a nanoinfiltração. 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%). Os valores nos terços médio e apical com o uso do protótipo sônico na aplicação dos adesivos aumentaram significativamente em relação a resistência de união. Foi observado diminuição de nanoinfiltração em todos os terços utilizando aplicação sônica (entre dentina e cimento resinoso). Observou-se que com a utilização do aparelho sônico foi apresentado maior grau de conversão no terço apical quando comparado à aplicação manual, independentemente do sistema adesivo. O terço cervical apresentou maiores valores e no terço médio um grau de conversão intermediário ($P < 0,05$). Com a

aplicação sônica, o aumento do grau de conversão foi observado nos terços médio e apical com ambos sistemas adesivos ($P < .05$).

2.2 Diferenças entre as regiões do conduto radicular

Mjör et al.¹⁴ (2001) apresentaram uma descrição histológica da região apical de 25 dentes humanos de adultos com ênfase na presença, direção e distribuição dos túbulos dentinários e suas ramificações. Foram utilizados 2-3 mm da parte apical da raiz de 25 dentes humanos, alguns espécimes foram desmineralizados e corados para análise na microscopia de luz em 400x e 1000x analisando a densidade dos túbulos pela contagem dos mesmos, outros espécimes desmineralizados foram analisados apenas no microscópio eletrônico de varredura e alguns espécimes ainda foram submetidos a ataque ácido para serem analisados pela microscopia confocal. Foram observadas poucas ramificações da polpa no terço apical que tem comunicação com a membrana periodontal. A porção apical mostrou grandes variações como canais acessórios radiculares, variação da espessura do cimento, sendo em geral relativamente mais grossa em indivíduos mais velhos, reabsorção dos canais acessórios e também reabsorção reparadas, camadas de cimento celular revestindo a porção pulpar da dentina. Não foram encontrados túbulos revestindo o cimento, apenas foram encontrados alguns túbulos de ramos laterais. Foi encontrada dentina secundária irregular revestindo a superfície interior do canal radicular. Em direção do cimento os túbulos tendiam a desaparecer, separados por uma massa de tecido desorganizada que não mostrava traços característicos de dentina ou cimento, a maioria dos túbulos eram dispostos de forma irregular na parte apical. Algumas áreas eram desprovidas de túbulos. Concluiu-se, portanto, que a estrutura irregular e variável da região apical de dentes humanos representa desafios especiais durante a terapia endodôntica. Técnicas de obturação com base na penetração de adesivos em túbulos dentinários são improváveis de serem bem sucedidos e técnicas adesivas devem depender de impregnação da camada híbrida.

Nos estudos de Onay et al.³⁴ (2010), o objetivo foi comparar a resistência de união por meio do teste de *push out* em diferentes terços do conduto radicular, utilizando diferentes pinos de fibra de vidro, cimentados com diferentes agentes de cimentação. Um total de 44 dentes humanos unirradiculares extraídos foram

divididos aleatoriamente em quatro grupos e restaurados utilizando pinos de fibra de vidro (translúcido e opaco) e os seguintes sistemas de cimentação: All Bond SE / Duo-Link (Abse), All Bond 3 / Duo-Link (AB3), BisCem (BC), Clearfil ED cartilha II / Clearfil Esthetic Cement (CLF). Uma semana após a cimentação, as amostras foram submetidas à termociclagem em água (1000 ciclos de 5 e 55°C, 30s cada), e, em seguida, embebidas em resina acrílica. Foram preparadas três secções (cervical, médio e apical) de 2 mm de espessura de cada amostra, e cada seção foi submetida ao teste de *push-out*. Um espécime adicional para cada grupo foi preparado para análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) para avaliar *tags* de resina e formação da camada híbrida. Os dados foram analisados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, ANOVA dois fatores para avaliar a interação entre o material utilizado para cimentação do pino e os terços radiculares, a significância das diferenças foi avaliada por ANOVA de um fator seguido pelo teste de Scheffe ($\alpha=0,05$) para comparações múltiplas. Foi observada diferença significativa em relação a resistência de união entre os diferentes terços do conduto. Com o uso de BC e CLF, foram observados valores significativamente menores entre o terço apical e os outros dois terços. AB3 apresentou uma diferença significativa entre os terços cervical e apical ($P < 0,05$). Com ABSE, foram encontrados valores similares nos terços médio e apical ($P > 0,05$) e valores significativamente maiores foram encontrados entre o terço cervical e os outros dois terços ($P < 0,05$).

Pereira et al.³⁵ (2010) avaliaram a influência de dois sistemas adesivos (autocondicionante de um passo e convencional de três passos) e as regiões do conduto radicular no grau de conversão do cimento resinoso dual por meio das análises no micro-Raman. Foram utilizados 20 incisivos bovinos, dois adesivos: um adesivo convencional de três passos (All-bond 2, Bisco) e um adesivo autocondicionante de passo único (Xeno III, Dentsply). Após remoção das coroas, os condutos foram tratados endodonticamente. Posteriormente, na superfície das raízes foi aplicado esmalte preto para permitir passagem da luz apenas através da porção mais coronal. Foi feita aplicação dos adesivos segundo as instruções do fabricante, seguida da cimentação do pino de fibra (DT Light Post, Bisco) cimentado com cimento resinoso de cura dual (Duo-Link, Bisco). Foram obtidas três secções transversais (3 mm cada), de cada região a ser estudada (cervical, medial e apical). O grau de conversão do cimento resinoso foi determinado pelo espectrometro micro-Raman (System-2000). Os dados (%) foram submetidos à ANOVA dois fatores de

medidas repetidas e teste de Tukey ($p < 0,05$). Para ambos os grupos, não foram observadas diferenças significativas do grau de conversão ao longo das diferentes regiões ($p < 0,05$). Não houve diferença significativa estatisticamente nos resultados de grau de conversão do cimento observado entre os dois grupos testados em relação ao tipo de adesivo e diferentes zonas da dentina.

Ballesio et al.³⁶ (2012) investigaram a resistência de união por meio de teste de *push-out* do sistema adesivo Prime & Bond NT em vários locais da dentina e a influência do tempo de armazenamento. Foram utilizados 30 dentes unirradiculares, as superfícies da coroa de cada dente foram seccionadas abaixo da junção cimento-esmalte perpendicularmente ao seu longo eixo, e nas raízes foram cimentados pinos de fibra de vidro com o sistema adesivo (Prime & Bond NT, Kerr) em combinação com o cimento resinoso (Opticore Cure núcleo composto, IDS). Em seguida, foi utilizada resina composta (Enamel, Mycerium) para confecção de 2 mm de incremento. Os grupos foram divididos segundo o tempo de armazenagem em solução salina: após 24 h (grupo A: 10 raízes), 1 mês (grupo B: 10 raízes), e seis meses (grupo C: 10 raízes) de armazenamento. Após os respectivos tempos de armazenamento, os espécimes foram seccionados em fatias de 1 mm de espessura, sendo 2 fatias cervical, duas médias e duas apicais, para o teste de *push-out* a uma velocidade de 0,5 mm/min. Após o teste, as amostras foram analisadas por um microscópio óptico para determinar o modo de falha. Os dados foram divididos por três regiões (coronal / média / apical) e analisados por meio de teste de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney U Test ($p < 0,05$). Os valores de resistência de união em comparação aos terços não apresentaram diferenças significativas estatisticamente no grupo A e C; no grupo B foram encontradas diferenças significativas entre os terços coronal e médio e o terço coronal e apical. Os valores de resistência de união do terço apical não mostraram diferença significativa entre os três grupos (teste de Kruskal-Wallis); nos terços médios observou-se diferença significativa após 6 meses de armazenamento, quando comparado após 24 h e 1 mês. Nos terços coronal, foi encontrada uma diferença significativa entre 1 mês e 6 meses. A análise das amostras sob microscopia óptica revelou uma prevalência de falhas adesivas entre pino de fibra e dentina radicular. Valores de adesão foram mais baixos no terço apical. Ao longo do tempo a aderência do pino de fibra em relação aos agentes cimentantes e a dentina diminuíram.

2.3 Comparação entre diferentes sistemas adesivos e agentes cimentantes.

O estudo de Faria e Silva et al.³⁷ (2007) avaliaram o efeito de diferentes sistemas de aplicação de adesivos e a translucidez dos pinos de fibra de vidro na resistência de união *push-out* à dentina. Sessenta raízes de incisivos bovinos foram submetidas a tratamento endodôntico, os mesmos foram divididos em 12 grupos. Foram utilizados 6 diferentes sistemas adesivos, PB (Prime & Bond 2.1), PB + SC (Self-cure ativador), PB + SBM (sistema adesivo Multi-purpose Scotchbond), BB (Brush & Bond), BB + CAT (catalisador químico) e BB + SBM e dois tipos de pino de fibra de vidro, o pino translúcido de quartzo de fibra Light-Post (# 3; Bisco) e pino revestido de quartzo-fibra de carbono Aestheti-Post (# 3; Bisco). Os pinos foram cimentados, as raízes foram seccionadas transversalmente nos terços: cervical, médio e apical de aproximadamente 1,5mm cada. Foi realizado o teste de *push-out*, com uma carga de 500 N, a uma velocidade de 0,5 mm/min. A análise estatística foi realizada por ANOVA dois fatores e Tukey nível de confiança de 95%. Após o teste de *push-out*, as amostras foram analisadas por microscópio estereoscópico para determinar o modo de falha. Não houve diferença significativa entre os pinos de fibra de vidro. Para PB e BB, o uso do adesivo resinoso hidrofóbico SBM aumentou a resistência de união dos pinos. O terço apical apresentou menor resistência de união. A retenção dos pinos de fibra de vidro parece ser originada predominantemente do atrito friccional, a técnica de aplicação do adesivo foi um fator determinante em relação ao aumento força de resistência de união dos pinos de fibra de vidro no teste de *push-out*. O uso dos catalisadores ternários associados com os adesivos ácidos simplificados não aumentou a retenção dos pinos. A utilização de uma camada menos permeável adicional no adesivo resinoso hidrofóbico parece uma alternativa razoável para aumentar a retenção dos pinos de fibra.

Boff LL et al.³⁸ (2007) avaliaram a resistência de união *push-out* de pinos de fibra reforçados com resina cimentados dentro do conduto radicular dentinário, polimerizados de diferentes formas. Foram utilizados quarenta e dois incisivos humanos, submetidos à tratamento endodôntico, os espécimes foram divididos em 4 grupos. Nos grupos G1, G2 e G3, o adesivo Single Bond (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) foi aplicado e polimerizado por 20 s, já no G4 foi utilizado Scotchbond Multi-Purpose Plus (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) um adesivo autopolimerizável. Nos

grupos G1 e G2 o cimento foi aplicado com uma lântulo. O cimento resinoso dual RelyX ARC (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) foi fotopolimerizado apenas nos grupos G2 e G3, no G1 ocorreu apenas reação química do material. O pino translúcido Light-Post (Bisco) foi utilizado no grupo G3 e o pino opaco Aestheti-Plus (Bisco) nos demais grupos. As raízes foram seccionadas em três partes (cervical, médio, apical); cada fatia foi submetida ao teste de *push-out* em uma velocidade de 0,5 mm / min. Os dados foram analisados por ANOVA e teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). A fotopolimerização dos sistemas adesivos e do cimento resinoso no G2 apresentou resistência de união significativamente maior do que G1, no qual apenas o adesivo foi fotopolimerizado. Não foi encontrada diferença entre G2 (pino opaco) e G3 (pino translúcido). O adesivo autopolimerizado mostrou resistência de união maior em todas as regiões da raiz. As regiões média e apical pino/raiz apresentaram resistências de união semelhantes, no entanto a região cervical mostrou melhores resultados, apresentando maior resistência de união comparada aos demais terços ($P < 0,001$).

Marques de Melo et al.³⁹ (2008) avaliaram a adesividade de dois sistemas adesivos convencionais (dois e três passos) e um sistema auto-condicionante da dentina coronária (câmara pulpar) e da dentina radicular (nos terços cervical, médio e apical). Foram utilizados 30 caninos humanos, sendo estes tratados endodônticamente. Os dentes foram divididos aleatoriamente em três grupos ($n=10$). Grupo 1: foi utilizado sistema adesivo convencional de três passos (TE3) (All-Bond 2, Bisco); grupo 2: sistema adesivo convencional de dois passos (TE2) (One-Step Plus, Bisco) e grupo 3: foi utilizado sistema adesivo autocondicionante de dois passos (SE), (One-Step Plus, Bisco). Um pino de fibra de vidro (Aestheti Plus) foi duplicado em cimento resinoso de cura dual, utilizando um molde confeccionado de materiais de impressão de silicone, sendo produzidos 30 pinos de cimento. O pino foi cimentado com cimento Duo-link; após a cimentação os espécimes foram seccionados perpendicularmente ao seu longo eixo, totalizando 8 segmentos, medindo quase 1,5 mm, sendo duas fatias de cada região (cervical, média e apical). Os espécimes foram submetidos ao teste de *push-out* a 1 mm/min. Os dados obtidos foram analisados por ANOVA dois fatores e teste de Tukey ($p < 0,05$). A eficácia dos adesivos não foi a mesma nas diferentes regiões ($p < 0,05$). Comparando os resultados obtidos dos adesivos em cada região (Tukey; $p < 0,05$) revelou que TE3 (média $\pm$ desvio padrão: $5,22 \pm 1,70$) foi maior do que TE2 ($2,60 \pm$

1,74) e SE ($1,68 \pm 1,85$). Nas condições experimentais, foi observado uma adesão maior à dentina com o sistema adesivo convencional de três passos, especialmente na região coronal. Portanto, o sistema adesivo convencional de três passos parece ser a melhor escolha para dentes com necessidade de restaurações adesivas endodônticas.

Este estudo de da Silva et al.⁴⁰ (2008) avaliou a tensão de resistência de união de pinos de fibra de vidro (Reforpost, Angelus) cimentados com cimento resinoso (RelyX ARC, 3M/ESPE, St. Paul, MN, EUA) em associação com dois diferentes sistemas adesivos (Adper Single Bond, 3M/ESPE e Adper Scotchbond Multi Purpose Plus, 3M/ESPE, St. Paul, MN, EUA), utilizando o teste de push-out. Foram selecionados vinte dentes humanos unirradiculares com canais padronizados sendo divididos aleatoriamente em 2 grupos: (n=10): G1 com ataque de ácido fosfórico à 37% (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) + Adper Single Bond + pino #1 (Reforpost, Angelus) + quatro pinos acessórios #1 (Reforpin, Angelus) + cimento resinoso; G2- ataque com ácido fosfórico à 37% + Adper Scotchbond MP Plus + pino #1 + quatro #1 pinos acessórios + cimento resinoso. Os espécimes foram armazenados em água destilada à 37° C por 7 dias e submetidos ao teste de push-out em uma máquina de teste universal (EMIC) à uma velocidade de 0,05 mm/min.. As análises estatísticas foram feitas pelo teste Student's com nível de significância de 5%, os dados não mostraram diferença significativa entre os grupos ($p < 0.05$). Falhas na união adesiva entre cimento resinoso e superfície do canal dentinário foram observados em ambos os grupos, pela não polimerização do cimento resinoso na porção apical quando utilizado o adesivo Single Bond. O tipo de sistema adesivo utilizado na cimentação pino de fibra não influenciou a resistência de união no push-out.

O objetivo do estudo de Radovic et al.⁴¹ (2008) foi investigar a adesão dos pinos de fibra de vidro cimentados com sistemas de cimentação que utilizaram três diferentes técnicas adesivas: adesivo convencional, autocondicionante e auto-adesivo. Quarenta e dois premolares unirradiculares de humanos foram utilizados no estudo. Os espécimes foram divididos em seis grupos, classificados de acordo com o adesivo de escolha. O grupo dos adesivos convencionais foram cimento resinoso Calibra /adesivo XPBond + ativador dual cura (SCA) /RadiX Fiber Post (Dentsply Caulk), FluoroCore 2, material de reconstrução de núcleos de preenchimento /XPBond + SCA/RadiX Fiber Post (Dentsply Caulk), e cimento MultiCore Flow e material de reconstrução de núcleos de preenchimento/Excite DSC adesivo/FRC

pino de fibra Postec Plus (Ivoclar Vivadent). Grupo dos sistemas autocondicionantes primer Panavia F 2.0/ED (Kuraray) /RadiX Pinos de Fibra (Dentsply Caulk). Grupo de cimentos auto-adesivos: cimento auto-adesivo experimental/RadiX Pino de Fibra (Dentsply Caulk), e RelyX Unicem/RelyX Pino de Fibra (3M ESPE). A adesão entre os pinos e as paredes do conduto radicular foi avaliada pelo teste de *push-out*. Os resultados mostraram que o adesivo autocondicionante oferece menos aderência ao conduto radicular em comparação aos demais adesivos.

Faria-e-Silva et al.⁴² (2012) avaliaram o efeito da estratégia de adesão (utilizando soluções co-iniciadoras ou cimento resinoso auto-adesivo) na retenção antecipada dos pinos de fibra de vidro cimentados nos condutos radiculares, pelo teste de resistência de união pelo *push-out* 10 minutos antes da cimentação. Após ter sido feito tratamento endodôntico em 40 canais radiculares de incisivos, foram cimentados pinos de fibra de vidro cilíndricos com diferentes estratégias de adesão (n=10): SB2, Single Bond 2 + cimento resinoso convencional (RelyX ARC); AP, ativador Scotchbond Multipurpose Plus (SBMP) + primer + ARC; APC, ativador SBMP + primer + catalizador + ARC; e UNI, cimento auto-adesivo (RelyX Unicem). Após a cimentação os espécimes foram armazenados em água à 37°C por 10 min e submetidos ao teste de *push-out* em uma velocidade de 0,5 mm/min. Os dados foram analisados pelos testes ANOVA e Student-NewmanKeuls' ($P < 0.05$). APC apresentou maior resistência de união, seguida pelos resultados de UNI, AP e SB2 obtiveram resultados semelhantes. A estratégia de adesão afetou significativamente a adesão antecipada nos condutos radiculares.

Ozer et al.⁴³ (2013) em sua revisão de literatura abordaram sobre a diferença dos sistemas adesivos atuais e suas melhores indicações. Os autores relatam que a força e durabilidade de adesão nos substratos dentinários são cruciais tratando-se da longevidade clínica das restaurações. Os adesivos atuais estão divididos em autocondicionante e convencionais, o que os difere é a forma como eles interagem com as estruturas naturais dos dentes. Os adesivos convencionais precisam do ácido fosfórico como um pré-tratamento dos tecidos dentais mais resistentes antes de enxaguar com a aplicação subsequente do adesivo. Os adesivos autocondicionantes contêm monômeros ácidos, que condicionam e preparam o dente simultaneamente. Os adesivos convencionais podem ser apresentados em sistemas de dois ou três passos, dependendo se o primer e o adesivo forem separados ou combinados em um único frasco, já os adesivos autocondicionantes

são vendidos em sistemas de um ou dois passos. Ambos sistemas autocondicionantes e convencionais formam uma camada híbrida como resultado da fixação das resinas nos poros de esmalte ou dentina. Apesar das tendências atuais procurarem simplificar cada vez mais os passos da aplicação clínica, o sistema adesivo de um passo na dentina exibe força de resistência de união menor e parecem menos previsíveis que os sistemas adesivos de mais passos tanto convencionais como autocondicionantes. As evidências atuais disponíveis sugerem que a mudança entre sistemas adesivos autocondicionantes e convencionais é mais uma escolha de preferência pessoal. Em geral, o ácido fosfórico cria um padrão de condicionamento mais pronunciado e retentivo no esmalte. Portanto os sistemas adesivos convencionais são mais indicados em restaurações indiretas e quando existem grandes áreas de esmalte remanescente. Por outro lado, adesivos autocondicionantes demonstram resistência de união superior e mais previsível à dentina, sendo recomendados para restaurações diretas de resina composta, especialmente quando o suporte predominante é apoiado pela dentina.

De acordo com Juloski et al.⁴⁴ (2013) avaliou-se o potencial de retenção do pino utilizando um cimento resinoso experimental auto-adesivo (EXP) quando utilizado sozinho ou em combinação com um adesivo autocondicionante. As raízes foram tratadas endodônticamente e divididas em quatro grupos (n=6), de acordo com o material cimentante. Grupo 1 foi utilizado apenas EXP (cimentação com o cimento experimental auto-adesivo GAM-200; GC); Grupo 2, utilizando EXP com adesivo autocondicionante (GAM- 200 usado adesivo autocondicionante Gradia Core; GC); Grupo 3, cimento de dual cura comercializado com adesivo autocondicionante (cimento Gradia Core com adesivo autocondicionante Gradia Core; GC) e o Grupo 4, cimento comercializado auto-adesivo (G-CEM Automix; GC). As raízes foram seladas com ionômero de vidro e armazenadas em água por 48 h. Cada espécime foi seccionado transversalmente em seis fatias de 1 mm de espessura, foi utilizado o teste de push-out para avaliar a resistência de união dos pinos de fibra a uma velocidade de 0,5 mm/min. Após o teste, os espécimes foram analisados no microscópio estereoscópico para determinar o modo de falha. Os resultados de resistência de união foram analisados com o teste de Kruskal–Wallis e Dunn (p <0,05). Na comparação dos modos de falha o teste de Bonferroni foi aplicado. A adesividade na interface entre cimento e o conduto radicular dentinário de cada grupo foi avaliada utilizando o microscópio eletrônico de varredura. O

potencial retentivo do grupo 1 foi comparado com os cimentos comercializados do grupo 3 e 4. Quando EXP foi utilizado em combinação com o adesivo autocondicionante no grupo 2, os valores de resistência de união foram significativamente maiores comparados com o do outro grupo.

Helvacioğlu et al.⁴⁵ (2013) avaliaram o potencial de retenção de um cimento resinoso auto-adesivo no conduto radicular utilizando diferentes sistemas adesivos para comparar a resistência de união push-out nos pinos de fibra de vidro. Foram utilizadas 56 raízes de pré-molares inferiores, os condutos foram preparados e divididos em 4 grupos experimentais, sendo estes subdivididos em mais dois grupos de acordo com o tempo (n=7). Os pinos de fibra (Rely X Fiber post) foram cimentadas com um cimento resinoso auto-adesivo (RelyX Unicem) e um dos seguintes sistemas adesivos: sem adesivo, adesivo convencional (Single Bond), adesivo autocondicionante de duas etapas (Clearfil SE bond) e adesivo autocondicionante de uma etapa (Clearfil S3 bond). Cada raiz foi cortada horizontalmente, em seis segmentos com 1,5 mm de espessura. O teste de push-out foi realizado após uma semana ou três meses (0,5 mm / min). As análises estatísticas foram realizadas por ANOVA três fatores e pós teste de Tukey's ($\alpha = 0,05$). Os segmentos da raiz cervical mostraram valores de resistência de união mais elevados que os terços médios. Aplicação de adesivo aumentou a resistência de união. Para o grupo de uma semana, o adesivo convencional Single Bond apresentou resistência de união superior ao cimento resinoso auto-adesivo RelyX Unicem aplicada sem adesivo na região média. Para o grupo de três meses, o adesivo autocondicionante de duas etapas Clearfil SE Bond mostrou maior resistência de união em todas as regiões. Em relação ao tempo considerado, Clearfil SE Bond do grupo de 3 meses apresentaram maiores valores de resistência de união do que o grupo de uma semana. Usando os adesivos em combinação com o cimento resinoso auto-adesivo podemos obter melhora da resistência de união. Os valores de resistência de união do adesivo autocondicionante de duas etapas Clearfil SE Bond, apresentaram melhoras significativas com o tempo.

Giannini et al.⁴⁶ (2015) realizaram uma revisão literatura apresentando o histórico dos sistemas adesivos, o mecanismo de adesão, as características/propriedades, e a formação da zona ácido base resistente nas interfaces esmalte/dentina-adesivo. O adesivo autocondicionante de passo único tem como objetivo otimizar o tempo, no entanto os artigos revisados mostram que os

adesivos autocondicionantes com pH moderado ($\text{pH}=2$), não são tão eficazes sem o condicionamento de ácido fosfórico. Na dentina mesmo o sistema autocondicionante com pH “forte” ($\text{pH}<1$) não remove o fosfato de cálcio dissolvido, em geral removem apenas parcialmente a smear layer, alguns adesivos autocondicionantes nem sequer conseguem formar a camada híbrida, as vezes formam apenas uma fina camada. Os testes prevalentes nos artigos para avaliar a performance dos adesivos são os testes de microtensão, microcisalhamento, resistência de união e nanoidentação. Nos testes de resistência de união e nanoidentação os adesivos autocondicionantes de dois passos apresentaram melhores resultados do que os de um passo. O mecanismo adesivo dos adesivos autocondicionantes tem sido intensamente investigado pela ação de dupla adesão: adesão micro-mecânica provocando resistência contra o stress mecânico e químico reduzindo a degradação hidrolítica, assegurando o selamento marginal das restaurações por mais tempo. Ainda existe na interface entre dentina-adesivo uma zona ácido-base resistente sobre a camada híbrida em adesivos autocondicionantes. Essa camada pode resistir mudanças de pH ácido e básico, sendo um mecanismo de importante prevenção de cárie secundária. No que se refere ao conceito zona de resistência ácido-base (ABRZ), recomenda-se a fim de evitar a desmineralização da dentina, a utilização de ácido fosfórico, como o procedimento realizando a completa infiltração de monômeros e reduz a possibilidade de uma ligação química eficaz e proteção de apatita contra-ataque ácido. Sistemas adesivos autocondicionantes são materiais promissores, fáceis de usar, unem-se quimicamente à estrutura do dente e preservam a hidroxiapatita dentinária, o que é importante para a durabilidade da ligação.

3 PROPOSIÇÃO

3.1 Proposição geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar a efetividade da técnica de ultrassom em comparação às outras técnicas de aplicação do adesivo em relação as propriedades adesivas entre o pino e dentina radicular através dos sistemas adesivos, convencional e autocondicionante com seus respectivos agentes cimentantes e diferentes técnicas de aplicação do adesivo, sendo estas: aplicação manual passiva, manual ativa e aplicação ultrassônica com um protótipo de uma ponta de ultra-som.

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 a técnica de aplicação manual passiva, ativa e vibratória vibratória com um dispositivo ultrassônico.

2- Avaliar a nanoinfiltração de diferentes sistemas adesivos na cimentação de pinos de fibra de vidro, utilizando a técnica de aplicação manual inativa, manual passiva, ativa e vibratória vibratória com um dispositivo ultrassônico.

3- Avaliar o grau de conversão *in situ* de diferentes sistemas adesivos na cimentação de pinos de fibra de vidro, utilizando a técnica de aplicação manual passiva, ativa e vibratória com um dispositivo ultrassônico.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Seleção dos dentes

O presente estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Estadual de Ponta Grossa, de acordo com o protocolo 843.483 (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).

Os dentes foram adquiridos limpos, sendo armazenados em água destilada à temperatura ambiente. Os dentes selecionados para o presente estudo obedeceram aos seguintes critérios de inclusão: ausência de cárie, de dilacerações radiculares e de tratamento endodôntico prévio, além de um comprimento radicular medido da junção cemento-esmalte (JCE) de pelo menos 14 mm.



Figura 01- Comprimento radicular: mensuração milimetral do comprimento radicular com régua após seccionamento das coroas.

4.2 Preparo dos dentes

Os dentes foram seccionados perpendicularmente em relação ao seu longo eixo, imediatamente abaixo a JCE, com auxílio de um disco de diamante montado em uma máquina de corte ISOMET 1000 (Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) a uma velocidade de 350 rpm (rotações por min) sob refrigeração com água constante, acessando o conduto radicular. O comprimento das raízes foi aferido com uma régua milimetrada (Figura 01).

O esvaziamento dos condutos foi realizado com limas tipo K (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) # 10, sendo o preparo apical realizado até a lima # 40; e, em seguida, até lima # 55 pela técnica de escalonamento, padronizando-se o diâmetro dos condutos, em cada troca de lima, foi utilizado solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) 1% para suspensão da matéria orgânica.

Foi utilizado após o esvaziamento dos condutos soro fisiológico para neutralização dos canais. Os canais foram secos com pontas de papel absorvente (Dentsply Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) e obturados somente os 4 mm apicais, por meio do primeiro passo da técnica de condensação vertical de Schilder, utilizando cones de guta-percha aquecidos (Tanari, Manacapuru, AM, Brasil) e cimento obturador à base de resina epóxica (AH Plus, Dentsply Indústria e Comércio Ltda, Petrópolis, RJ, Brasil), o qual foi manipulado de acordo com as instruções do fabricante.

Para finalizar o procedimento, foram realizadas tomadas radiográficas periapicais dos canais radiculares (películas radiográficas Kodak Ultra, Eastman Kodak, NY, EUA) verificando ausência total de material obturador além dos 4 mm apicais dos canais. Em seguida, foi realizado um vedamento da entrada dos canais radiculares de todos os dentes com cimento de ionômero de vidro (CIV) (Vitro Fil, DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil).

Após uma semana de armazenamento em água destilada a $37^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$, o preparo dos condutos foi realizado para a posterior fixação de um pino intrarradicular duplo cônico nº 2 (White Post DC nº 2 FGM, Jonvile, SC, Brasil). 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.

4.3 Grupos experimentais

Os dentes foram aleatoriamente divididos em dois grupos (n=33), de acordo com o sistema adesivo associados aos seus respectivos cimentos resinosos: Adper Single Bond 2 e RelyX ARC (SBR) - [3M ESPE, St. Paul, MN, EUA], Single Bond Universal e RelyX Ultimate (SUU) -[3M ESPE, St. Paul, MN, EUA] (Quadro 01). Cada grupo foi subdividido em 3 subgrupos (n=11), de acordo com técnica de aplicação do sistema adesivo: manual passiva (MP); manual ativa (MA) e ultrassônica vibratória (UV) com o novo protótipo da ponta de ultrassom (Figura 03).



Figura 02- Agentes cimentantes: Adesivo Adper Single Bond com seu respectivo agente cimentante RelyX ARC, e Adesivo Single Bond Universal e seu cimento resinoso RelyX Ultimate.

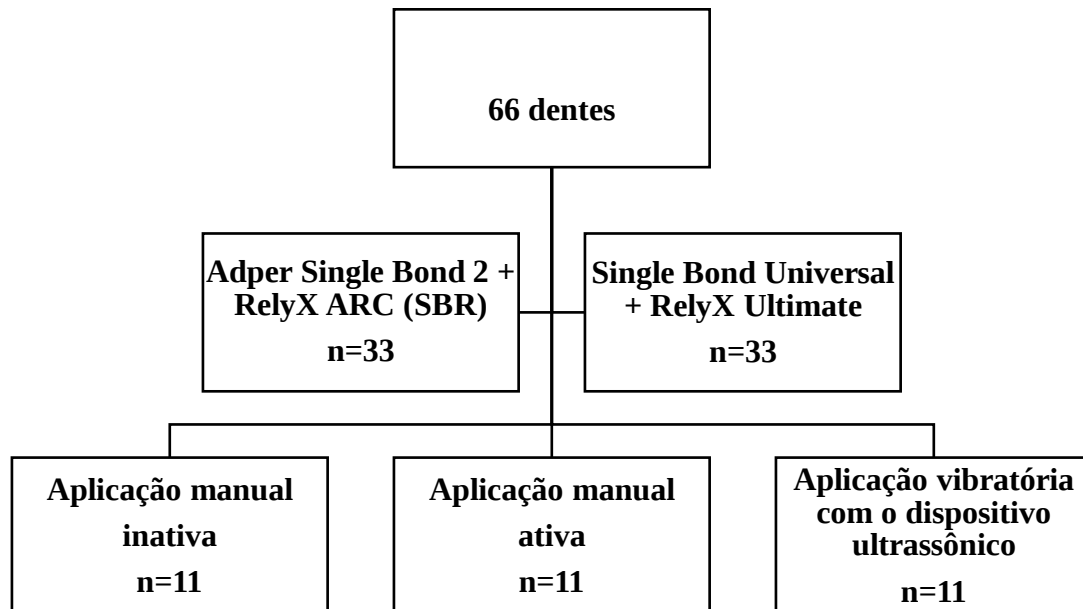


Figura 03- Fluxograma com a distribuição dos grupos experimentais.

Imagem do material	Material - Fabricante	Composição
	Pino de fibra de vidro- Whitepost DC 2 120115 220213 071014	Fibra de vidro, resina Epóxi, carga inorgânica, silano, promotores de polimerização.
	Ácido fosfórico-Angelus 14541	Ácido fosfórico 37%, espessante, corante e água deionizada
	Adesivo Adper Single Bond™ 2 - 3M ESPE N576767	Etanol, bisfenol A diglicil metacrilato , 2-hidroxietil metacrilato, sílica tratada com silano, diuretano dimetacrilato, copolímero do ácido acrílico e ácido tacônico e glicerol 1,3 dimetacrilato.
	Adesivo Single Bond Universal - 3M ESPE 1425900536	Bisfenol A diglicidil éter dimetacrílate (BIS-GMA), metacrilato de 2-hidroxietila, sílica tratada com silício, álcool etílico, decametileno dimetacrilato, água,1,10-decanodiol fosfato metacrilato, copolímero, água, itacônico, canforoquinona, N-N-dimetibenzocaína, metacrilato de 2-dimettilamonoetilo, metil etil cetona

	Cimento resinoso RelyX™ ARC - 3M ESPE 598350 642975	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).
	Cimento Resinoso RelyX Ultimate-3M ESPE 360854 586241	Pasta base: Pó de vidro tratado com silano 2-Propanóico, 2-metil-, 1,1 '- [1-(hidroximetil) -1,2-etanodiil] ester. Produtos da reação com 2-hidroxi-1,3-propanodiilodimetacrilato e óxido de fósforo, Dimetacrilato de trietilenoglicol (TEDGMA), Sílica tratada com silano, Fibra de vidro, Persulfato de sódio e Per-3, 5, 5-trimetil-hexanoato t-butila. Pasta catalisadora: Pó de vidro tratada com silano; Dimetacrilato substituída; Sílica tratada com silano; 1-benzil-5fenil-ácido barbitúrico, sal de cálcio; P-Toluenosulfonato de sódio; 1,12-dodecano dimetacrilato; Hidróxido de cálcio; 2-ácido propiônico, 2-metil-, [(3-metóxi)propil]imina] di-2,1 etanodiil éster e Dióxido de titânio.

Quadro 01- Descrição dos materiais utilizados: Materiais/Fabricante/lote e para os materiais utilizados na cimentação - composição.

4.4 Procedimento Adesivo

Foram utilizados dois sistemas adesivos: Adper Single Bond 2 convencional e Single Bond Universal aplicado no modo autocondicionante (3M ESPE). Para cada adesivo foi realizado três diferentes técnicas de aplicação:

1. Manual inativa: no sistema de aplicação manual inativa o adesivo foi aplicado nas paredes do canal radicular com o aplicador microbrush (Vigodent, Rio de Janeiro, RJ, Brazil) de acordo com as recomendações do fabricante, porém, sem pressão digital proposital.
2. Manual ativa: o adesivo foi aplicado com uma pressão na balança com o aplicador microbrush (equivalendo aproximadamente 34.5 ± 6.9 g) por 30 s,

aplicando em seguida no canal radicular com a mesma pressão pelo tempo determinado conforme as recomendações do fabricante.

3. Ultra-sônica vibratória: o adesivo foi aplicado conforme as recomendações do fabricante, porém a aplicação foi feita com o aplicador microbrush adaptado a um protótipo ultrassônico, utilizando o aparelho de ultrassom (Dabi Atlant, Ribeirão Preto, SP, Brasil) em uma frequência de 24.000 a 30.000 Hz.

4.5 Cimentação dos pinos

Os pinos (n=66) foram cortados transversalmente, com 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, padronizando a distância do aparelho fotopolimerizador, 10 mm do pino ficou no canal radicular e os outros 3 mm serviram como uma guia para a distância do aparelho fotoativador.

Todos os pinos de fibra de vidro (White Post DC FGM Produtos Odontológicos – Joinville, SC, Brasil) foram limpos com álcool 70% durante 30 segundos. Após o preparo do espaço dos canais, foram irrigados com 10 mL de água destilada, os canais foram secos com 5 segundos de jato de ar e 2 pontas de papel absorvente calibre 40 (Dentsply Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil).

Após preparo do conduto radicular, prova do pino, limpeza do conduto radicular e aplicação dos sistemas adesivos segundo as recomendações do fabricante (Figura 04), o processo de cimentação dos pinos de fibra de vidro foi realizado conforme as recomendações de cada fabricante com seringa de insulina (Figura 05), e de acordo com os subgrupos experimentais (Quadro 02).

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, monitorada periodicamente por meio de um Radiometro Led (Kondortech, Kondortech Equip. Odontológicos LTDA – São Carlos, São Paulo – Brasil).

Após esses procedimentos de cimentação (Figura 05), todas as raízes foram armazenadas em água destilada a 37° ± 1° C, durante uma semana.

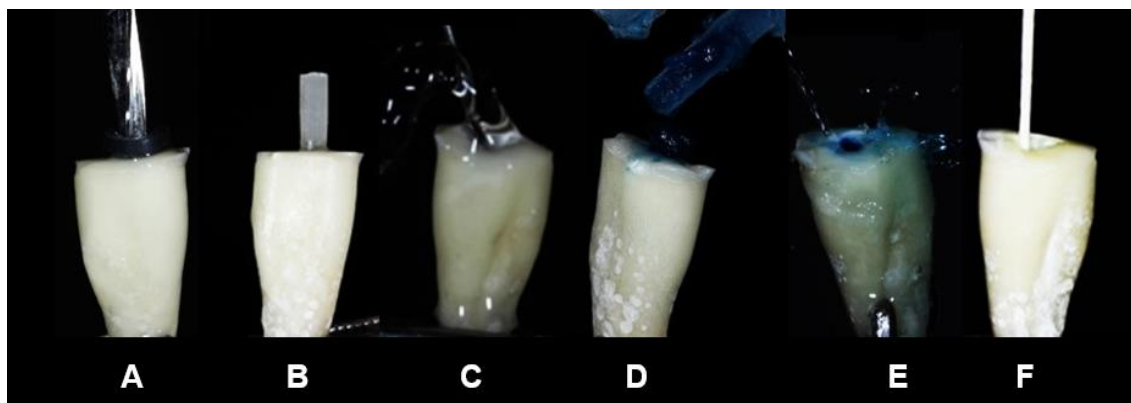


Figura 04- Sequência do procedimento adesivo. A – Preparo mecânico do canal radicular; B – Prova do pino; C – Limpeza do canal radicular com água destilada; D – Condicionamento com ácido fosfórico 37%, apenas no grupo que utilizou adesivo Adper Single Bond; E – Lavagem com água dentro do canal radicular; F – Secagem com ar e ponta de papel.

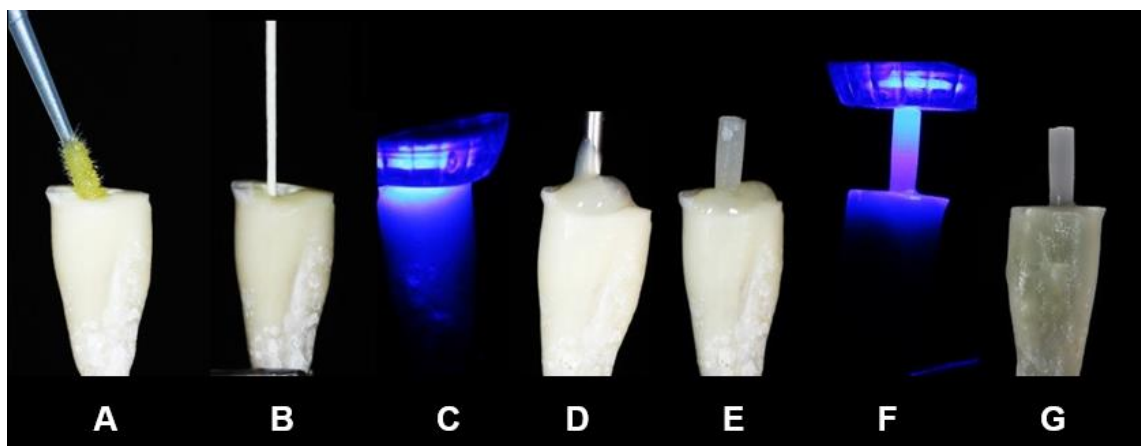


Figura 05- Sequência da cimentação do pino. A – Aplicação do adesivo (de acordo com os grupos; B – Eliminação do excesso de adesivo com ponta de papel # 40; C – Fotoativação do adesivo; D – Aplicação do cimento dentro do canal radicular com seringa de insulina; E – Inserção do pino no interior do conduto; F – Fotoativação do pino dentro do canal; G – Pino cimentado.

Subgrupos de Estudo	Sistemas Adesivos	Modo de Aplicação	Cimentos Resinosos	Modo de Aplicação
SBR MP SBR MA SBR UV	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.	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

		2-Aplicar 2-3 camadas consecutivas de adesivo no interior do canal com ajuda de um microbrush, durante 10 s, aplicar um jato de ar 5 s. Fotopolimerizar durante 10 s 3-Aplicar 2 camadas adicionais de adesivo. Secar por 5 s. Fotopolimerizar durante 10 s.		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
SUU MP SUU MA SUU UV	Single Bond Universal	1- Aplicar uma camada de adesivo na superfície a ser cimentada por 20 s, aplicar um leve jato de ar por aproximadamente 5 s sobre o líquido. 2- Fotopolimerizar o adesivo por 10 s.	Cimento resinoso RelyX Ultimate	1-Carregar a seringa de insulina diretamente com o cimento. Aplicar o cimento no interior do canal com a 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 02- Modo de aplicação dos materiais utilizados.

4.6 Preparo inicial dos espécimes para os testes

Após uma semana do armazenamento dos dentes já cimentados, as raízes foram embutidas em tubos confeccionados com fita crepe 18X50 (3M), sendo estes preenchidos com resina acrílica (Jet®, Art. Clássico, São Paulo, SP, Brasil).

Em seguida, os espécimes foram seccionados perpendicularmente em relação ao seu longo eixo com o auxílio de um disco de diamante montado em uma máquina de corte ISOMET 1000 (Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) sob refrigeração com água constante. Foram obtidas fatias com espessura média de $1 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$, sendo estas aferidas por meio de um paquímetro digital de precisão de 0,01 mm (Mitutoyo Digimatic Caliper, Tóquio, Japão). Secções seriadas foram realizadas até o aparecimento da guta-percha na região apical. A primeira fatia coronária de todas as raízes foi descartada, pois o possível excesso de cimento resinoso nessa região poderia influenciar nos valores de resistência de união.

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.

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).

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 programa de domínio público Software Image J versão 1.48 r (NIH, EUA).

O ensaio foi feito em uma máquina de ensaios universais Instron (INSTRON Corp, Canton, MA, EUA), onde cada corpo de prova foi submetido ao teste de *push-out*. Cada corpo de prova foi posicionado sobre um dispositivo metálico com uma pequena abertura central que coincidiu ao nível do pino, o lado que correspondia a coronal foi posicionado para baixo, de tal forma que a carga exerceu uma força compressiva constante, no sentido ápico-coronal até que o pino se deslocasse. As

pontas metálicas cilíndricas (atuadores) foram posicionadas 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 tencionar as paredes laterais dos canais radiculares. O atuador correspondeu ao diâmetro do pino para cada terço que estava sendo ensaiado. 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 (SL) foi calculada mediante a fórmula utilizada para a área de superfície lateral de um cone truncado:

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

Onde:

π = constante 3,1416

R = raio coronário do pino (mm)

r = raio apical do pino (mm)

h = espessura dos corpos de prova (mm)

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

Duas raízes de cada subgrupo foram selecionadas para análise da NI. Após o corte das 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. 2002, durante 24 h. Posteriormente foram lavadas em água destilada por 2 min.

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, logo após, foram lavadas abundantemente com água corrente e em banhos ultrassônicos.

Os corpos de prova foram incluídos em uma base metálica (*stub*) com ajuda de éster cianolacrilato (Super Bonder®), e polidos sequencialmente com lixas de Carbetto de Silício # 600, 1200, 2000, 2500 em uma máquina de polimento Politriz (Aropol E – Arotec, Cotia, São Paulo, SP, Brasil) sob refrigeração em água. Entre cada granulação de lixa, as amostras foram imersas em água destilada e colocadas em cuba ultrassônica (Dabi Atlante – 3L, Riberão Preto, SP, Brasil) por 10 min para remoção dos detritos. Na sequência, cada fatia foi polida com discos de feltro e pastas diamantadas com granulação decrescente (3,1 μm e 0,25 μm) (FGM Produtos Odontológicos – Joinville, SC, Brasil). Após, as fatias foram mantidas em recipientes contendo sílica coloidal a $37^\circ \pm 1^\circ \text{C}$ por 12 h para desidratação.

Cada raiz foi cortada em seis partes (2 cervicais, 2 mediais e 2 apicais). As amostras foram metalizadas com ouro (Balzers SCD 050 Sputter Coater, Bal-tec, Alemanha), 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, sendo obtidas imagens em elétrons retro espalhados.

Cada fatia foi fotomicrografada pelo MEV sendo escolhidos quatro pontos para posterior análise da quantidade de nitrato de prata infiltrada na camada híbrida (Figura 06). Para calcular a porcentagem de nanoinfiltração, as imagens foram analisadas mediante o programa de domínio público Software Image J.

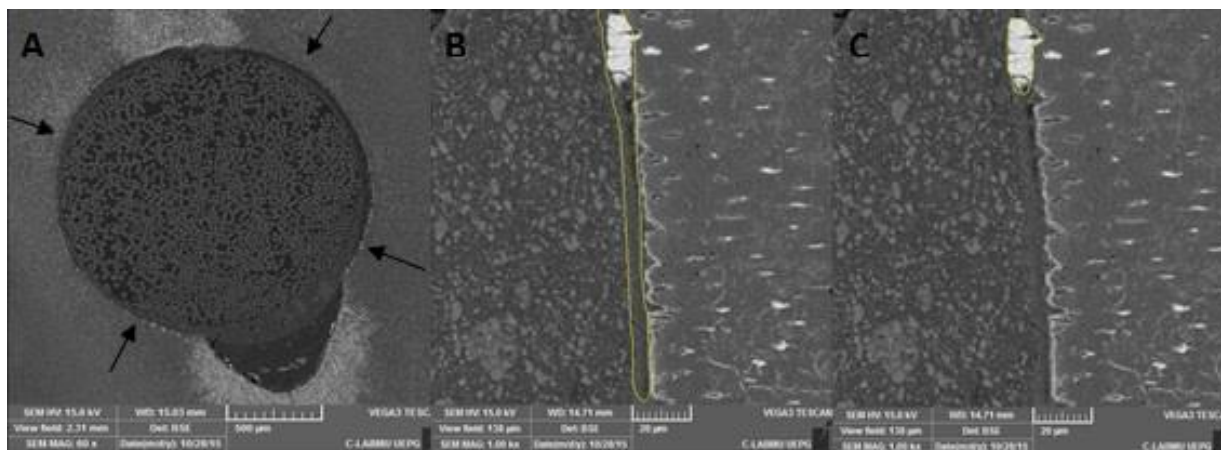


Figura 06- Fotomicrografias detidas por MEV; A – Fotomicrografia obtida do pino de fibra de vidro; mensuração da camada híbrida de um dos lados do pino; C- Mensuração da quantidade de nitrato de prata infiltrada na camada híbrida.

4.9 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, segundo Hass et al.⁴⁷ (2013).

Cada fatia foi submetida a um polimento com lixas de granulação 1500 e 2000 (Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, EUA), 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 785 nm de comprimento de onda e de 1 µm de diâmetro, a 100 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 20 X (Olympus UK, Londres, Reino Unido), segundo Hass et.al (2012).

Os espectros foram obtidos a partir de pontos aleatórios localizados na base da camada híbrida, na dentina intertubular. 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:

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

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.

4.10 Análise Estatística

Os resultados foram submetidos à análise estatística, por meio do software SPSS® (Statistical Package for the Social Science) versão 17.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, EUA). A seguir foi aplicado o teste de Tukey para comparação das médias, com nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$). Foram utilizados modelos paramétricos (análise de variância), de medidas repetidas, considerando variáveis os seguintes fatores: técnica de aplicação, sistemas adesivos e terço radicular.

5 RESULTADOS

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

Os dados gerais de resistência de união (RU) pelo teste de *push-out* (Mpa) estão descritos na tabela 01. A análise de variância de três fatores mostra que as interações duplas: adesivo/aplicação ($p=0.045$) e aplicação/terço radicular ($p<0,001$) foram estatisticamente significantes. Desta forma as médias e desvio padrão para as interferências duplas significantes estão apresentadas na tabela 02 e 03.

Tabela 01- Média e desvio padrão gerais de RU pelo teste de *push-out*.

	Adper Single Bond + RelyX ARC			Single Bond Universal + RelyX Ultimate		
	Cervical	Medial	Apical	Cervical	Medial	Apical
PASIVA	10,34±05,74	07,96±03,94	08,11±02,79	12,30±06,42	08,24±04,30	06,90±04,28
ATIVA	20,03±09,93	14,39±06,57	13,81±07,26	14,79±07,15	12,09±07,64	13,17±07,63
PROTÓTIPO	23,19±07,42	11,62±05,38	11,60±05,50	24,34±04,50	18,32±07,81	09,60±02,80

Tabela 02- Média e desvio padrão da resistência de união das interações duplas: aplicação/terço ($p<0,001$) foram estatisticamente significantes.

	Passiva	Ativa	Protótipo
C	11,32±1,39 cd	17,40±3,71 b	23,77±0,80 a
M	08,10±0,20 cd	13,24±1,63 bc	14,97±4,76 bc
A	07,51±0,86 cd	13,49±0,45 bc	10,60±1,40 cd

Tabela 03- Média e desvio padrão da resistência de união das interações duplas: adesivo/aplicação ($p=0.045$) foram estatisticamente significantes.

	RA	RU
PASSIVA	09,15±01,68 c	10,27±02,87 c
ATIVA	17,21±03,99 ab	17,76±12,70 b
PROTÓTIPO	17,41±08,18 ab	21,33±04,25 a

No teste de RU foram observadas diferenças significativas entre as técnicas de aplicação das interações duplas aplicação/terço, foi observado um aumento significativo ($p < 0,001$) de resistência de união com a utilização do protótipo de ultrasson no terço cervical e uma diminuição de valores com a mesma técnica no sentido cérvico-apical. A aplicação ativa obteve melhores resultados do que a aplicação passiva. Em relação as técnicas de aplicação das interações duplas adesivo/aplicação, a aplicação ativa e aplicação do adesivo com a utilização do protótipo de ultrason, não mostraram diferença significativa entre si, no entanto, apresentaram melhores resultados em relação a aplicação passiva.

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

Os dados gerais de resistência de nanoinfiltração (NI) estão descritos na tabela 04. A análise de variância de três fatores mostra que as interações duplas: adesivo/aplicação ($p=0.045$) e adesivo/terço ($p<0,001$) foram estatisticamente significantes. Desta forma as médias e desvio padrão para as interferências duplas significantes estão apresentadas na tabela 05 e 06.

Tabela 04- Média e desvio padrão gerais de NI.

	Adper Single Bond + RelyX ARC			Single Bond Universal + RelyX Ultimate		
	Cervical	Medial	Apical	Cervical	Medial	Apical
PASSIVA	36,62±06,16	37,18±09,86	43,57±06,94	17,20±07,51	17,58±08,89	13,29±05,50
ATIVA	21,48±11,89	25,66±11,18	27,11±07,66	20,54±05,89	20,78±08,16	11,17±07,20
PROTÓTIPO	19,02±06,35	19,96±04,87	20,03±06,11	09,15±04,54	15,90±03,81	10,05±05,10

Tabela 05- Média e desvio padrão da NI das interações duplas: adesivo/terço ($p<0,001$) foram estatisticamente significantes.

	RA	RU
C	25,71±09,53 c	15,53±05,86 ab
M	27,60±08,77 c	18,09±02,48 b
A	30,24±12,08 c	11,50±01,65 a

Tabela 06- Média e desvio padrão da NI das interações duplas: aplicação/adesivo ($p<0,001$) foram estatisticamente significantes.

	RA	RU
PASSIVA	39,12±08,24 d	16,16±07,57 ab
ATIVA	24,75±10,35 c	17,49±08,28 b
PROTÓTIPO	19,62±05,69 b	11,40±05,29 a

No teste de NI em relação aos diferentes sistemas adesivos e terços radiculares foi observado que o Adesivo Adper Single Bond em geral apresentou os maiores valores de infiltração de nitrato comparado ao Adesivo Single Bond Universal ($p<0,05$). Com o adesivo Single Bond Universal, foram observados menores valores na região cervical e apical. Em relação ao tipo de aplicação e diferentes sistemas adesivos, o sistema Adper Single Bond apresentou os maiores valores de infiltração de nitrato ($p<0,05$) os valores de NI foram menores com a utilização do protótipo de ultrassom em relação aplicação ativa.

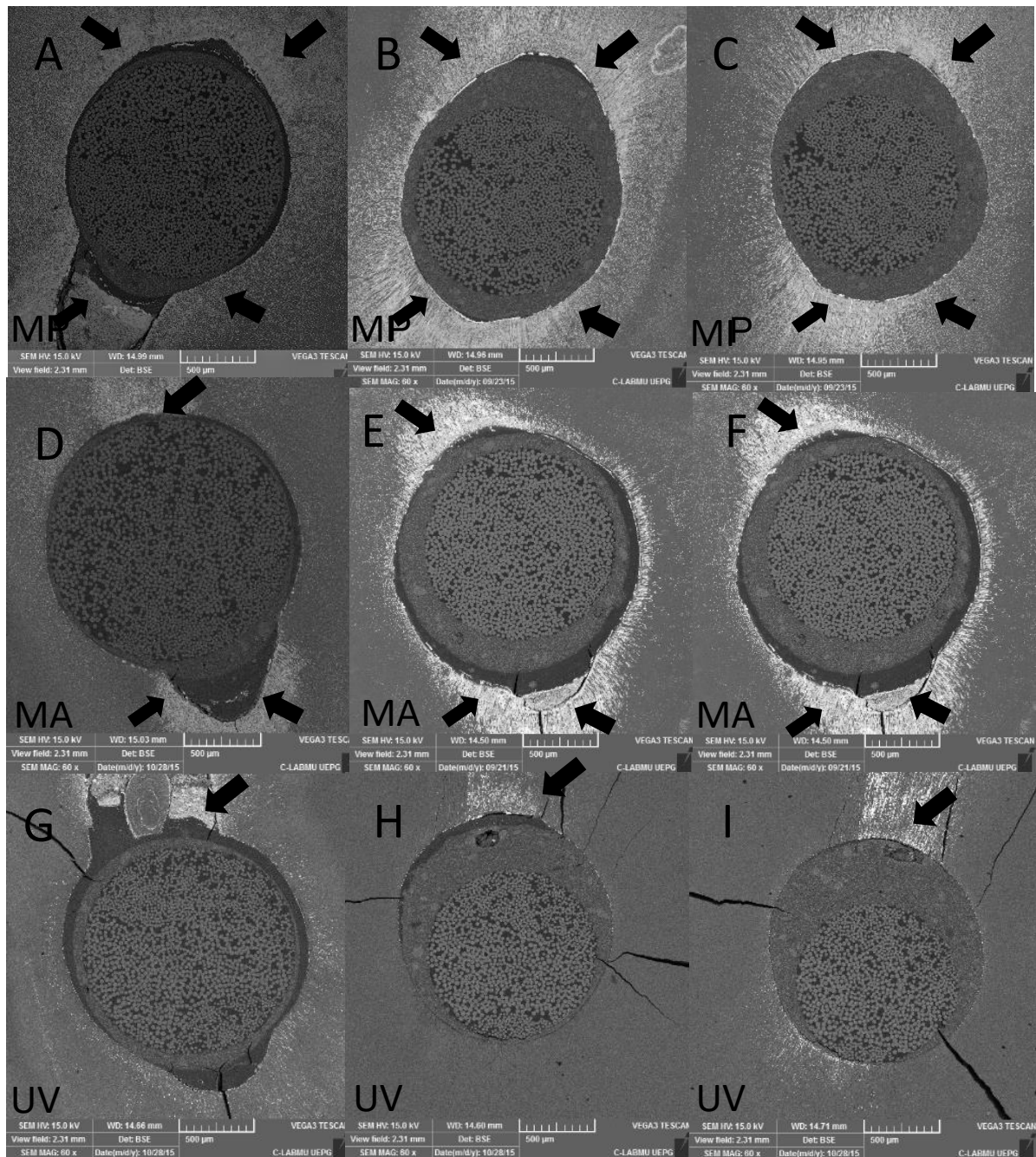


Figura 07- Fotomicrografias representativas do MEV das interfaces pós-cimentação do grupo Adper Single Bond+RelyX ARC. As setas pretas indicam as regiões onde a NI de nitrato de prata aparece mais. As letras A, D e G representam os terços cervical, B, E e H os terços médios e C, F e I terços apicais. As siglas MP correspondem à aplicação manual passiva, MA aplicação manual ativa e UV aplicação ultra-sônica vibratória.

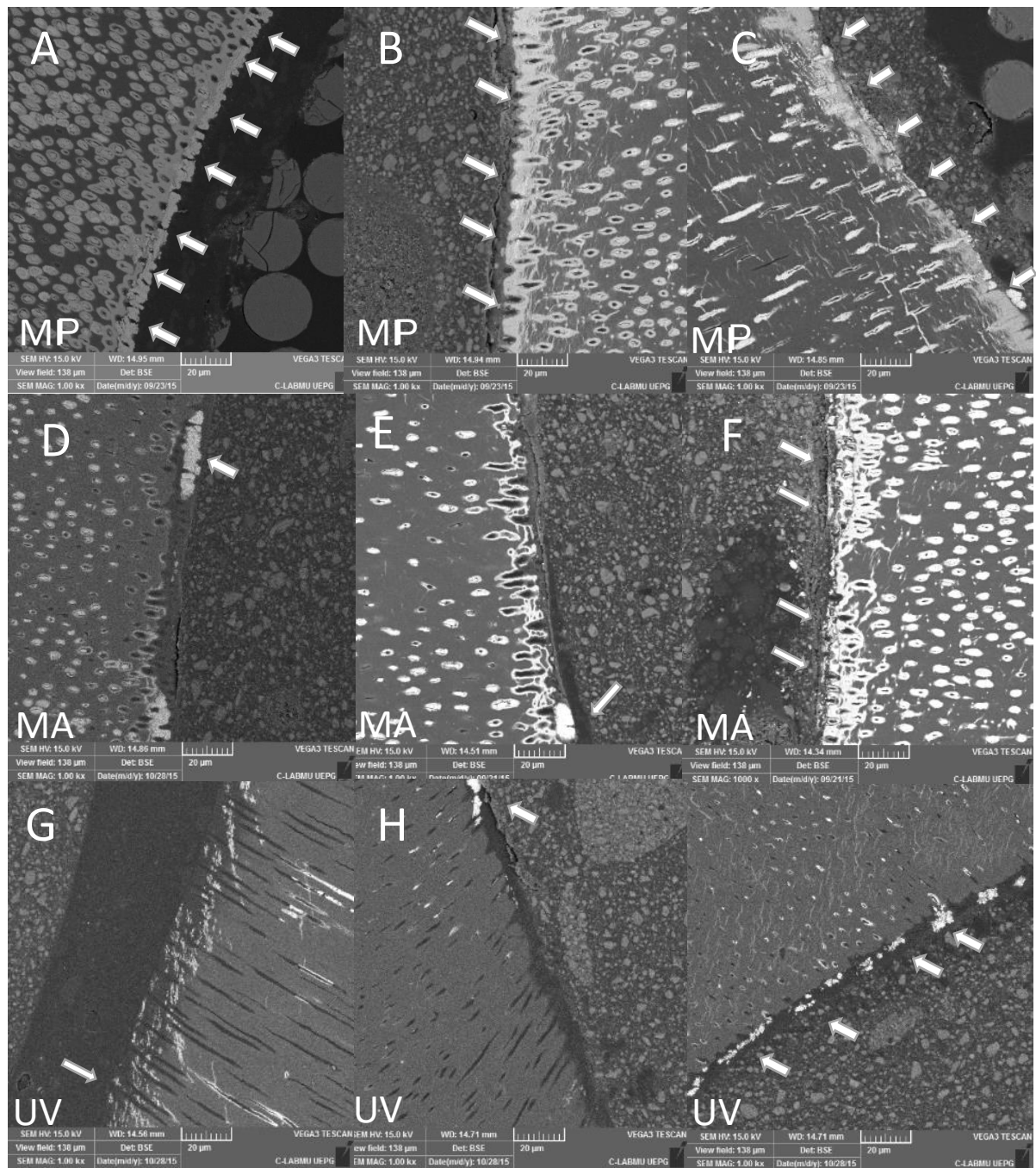


Figura 08- Fotomicrografias representativa da MEV das interfaces para o grupo Adper Single Bond+RelyX ARC. As setas brancas indicam as regiões com mais intensidade de nanoinfiltração. As letras A, D e G representam os terços cervical, B, E e H os terços médios C, F e I terços apicais. As siglas MP correspondem a aplicação manual passiva, MA aplicação manual ativa e UV aplicação ultrassônica vibratória.

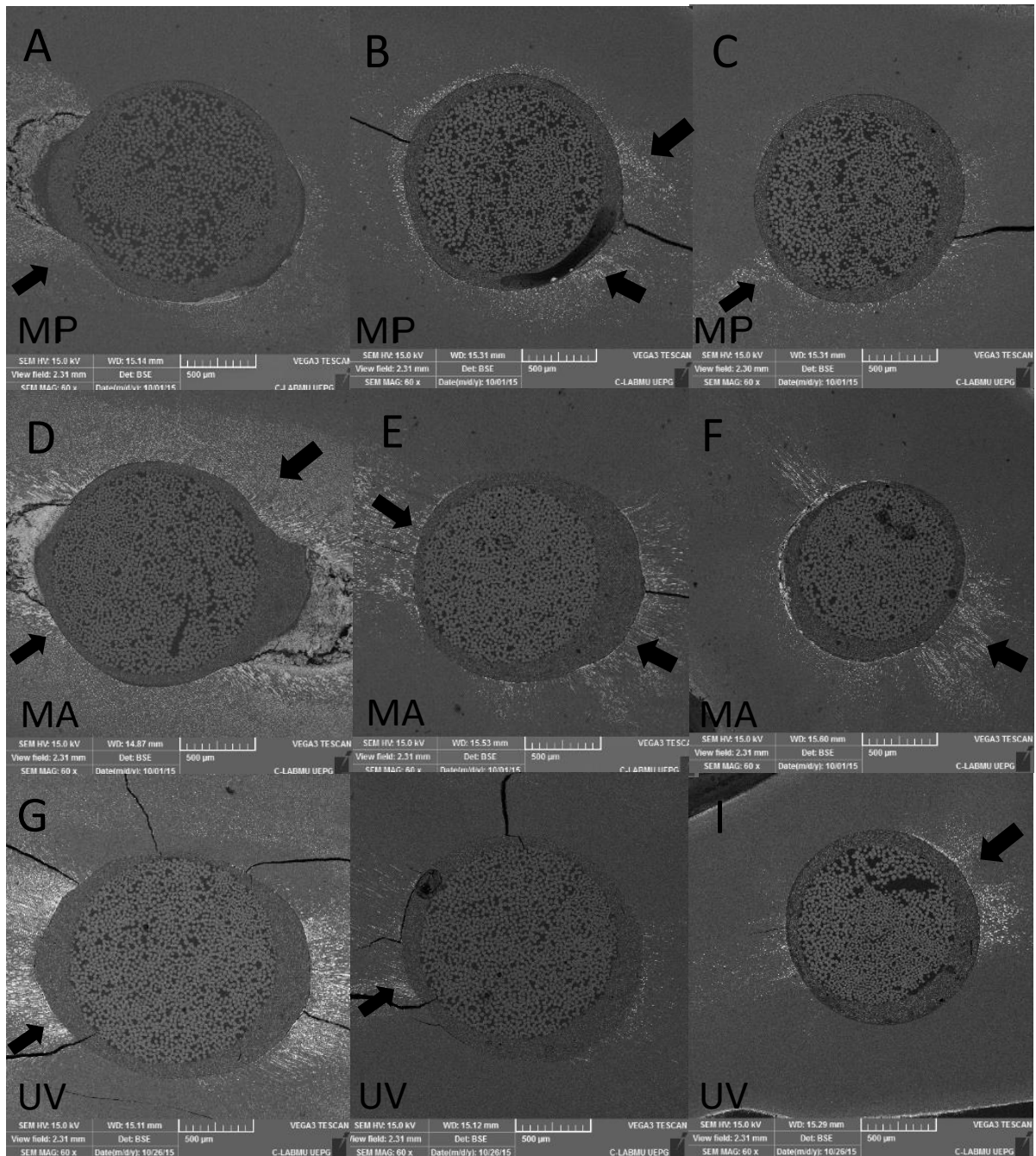


Figura 09- Fotomicrografias representativa da MEV das interfaces do grupo Single Bond Universal+RelyX Ultimate. As setas pretas indicam as regiões onde há mais intensidade de nanoinfiltração. As letras A, D e G representam os terços cervicais, B, E e H os terços médios C, F e I terços apicais. As siglas MP correspondem a aplicação manual passiva, MA aplicação manual ativa e UV aplicação ultrassônica.

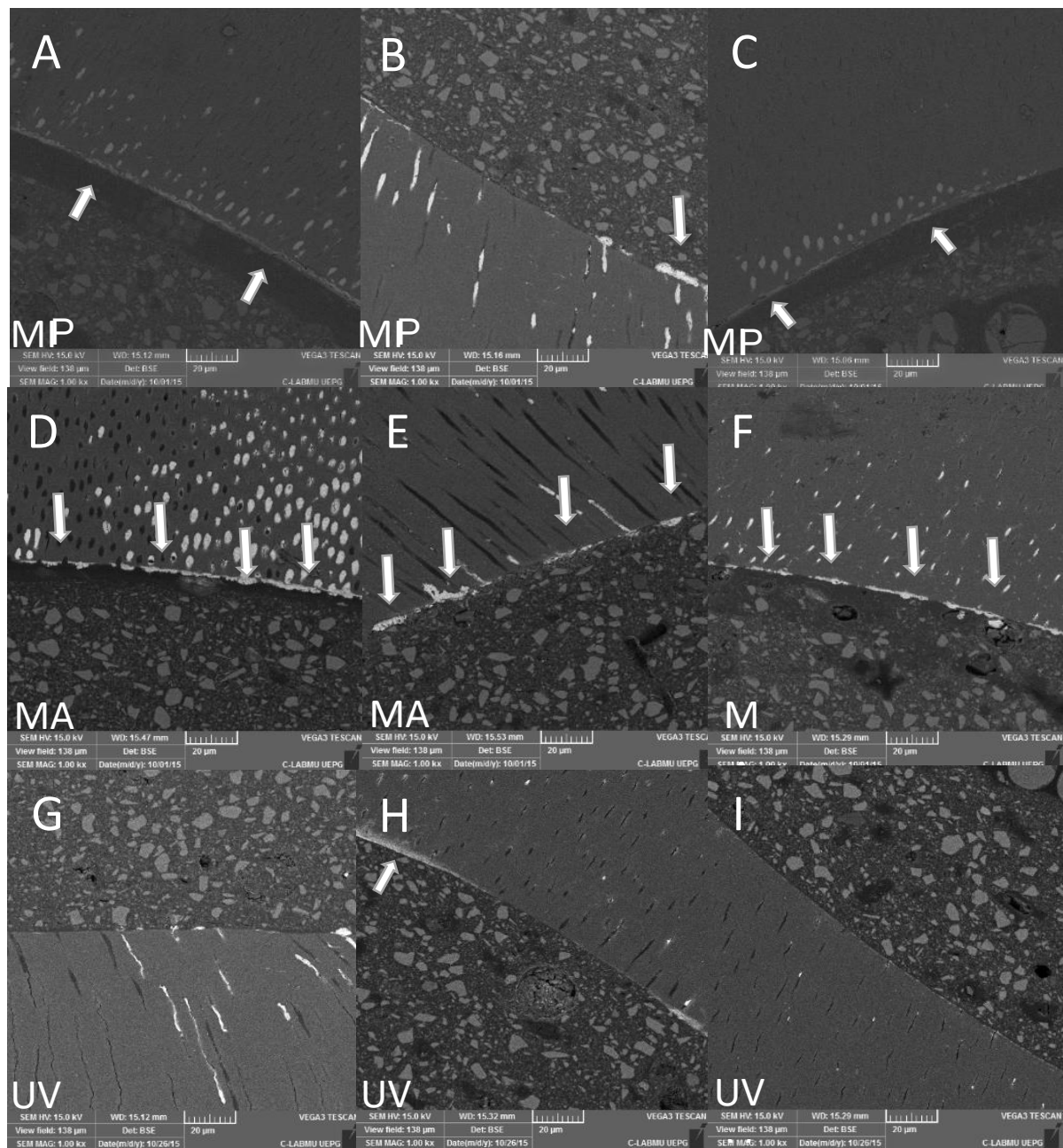


Figura 10- Fotomicrografias representativa da MEV das interfaces do grupo com Single Bond Universal+RelyX Ultimate. As setas brancas indicam as regiões onde a nanoinfiltração foi mais intensa. As letras A, D e G representam os terços cervical, B, E e H os terços médios C, F e I terços apicais. As siglas MP correspondem a aplicação manual passiva, MA aplicação manual ativa e UV aplicação ultra-sônica vibratória.

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

Os dados gerais de grau de conversão (GC) estão descritos na tabela 07. A análise de variância de três fatores, mostra que as interações duplas: aplicação/terço ($p=0,016$) e aplicação/adesivo ($p<0,001$) foram estatisticamente significantes. Desta forma as médias e desvio padrão para as interferências duplas significantes estão apresentadas na tabela 08 e 09.

Tabela 08- Média e desvio padrão gerais de GC.

	Adper Single Bond + RelyX ARC			Single Bond Universal + RelyX Ultimate		
	Cervical	Medial	Apical	Cervical	Medial	Apical
PASSIVA	90,30±07,03	91,51±07,73	95,10±03,97	87,91±09,50	85,02±07,72	88,37±05,32
ATIVA	93,64±05,24	93,43±04,95	91,95±05,63	95,81±07,72	94,97±03,98	89,35±08,09
PROTÓTIPO	94,38±03,89	92,90±04,38	92,66±04,15	94,78±07,59	95,34±07,58	95,24±03,24

Tabela 08- Média e desvio padrão do grau de conversão das interações duplas: aplicação/terço ($p<0,001$) foram estatisticamente significantes.

	Passiva	Ativa	Protótipo
C	89,11±1,69 b	94,73±1,53 a	94,58±0,28 a
M	88,27±4,59 b	94,20±1,09 a	94,12±1,73 a
A	91,74±4,76 ab	90,65±1,83 ab	93,95±1,82 a

Tabela 09- Média e desvio padrão do grau de conversão das interações duplas: aplicação/adesivo ($p<0,001$) foram estatisticamente significantes.

	RA	RU
PASSIVA	92,30±2,50 a	87,10±1,82 b
ATIVA	93,01±0,92 a	93,38±3,51 a
PROTÓTIPO	93,31±0,93 a	95,12±0,30 a

No teste de grau de conversão, foram observadas diferenças significativas entre as técnicas de aplicação das interações duplas aplicação/terço, foi observado um aumento significativo ($p=0,016$) do grau de conversão nos terços cervical e médio da aplicação ativa e em todos os terços da aplicação com o protótipo em relação a aplicação passiva nos terços cervical e médio. Em relação às técnicas de aplicação das interações duplas adesivo/aplicação, apenas a aplicação passiva com o sistema de cimentação utilizando cimento RelyX Ultimate e adesivo Single Bond Universal mostrou piores resultados.

6 DISCUSSÃO

A experiência do operador pode afetar diretamente na qualidade do processo de cimentação dos pinos de fibra de vidro (Gomes et al. ³² 2013). O modo de aplicação do adesivo pode ser um determinante para aumentar a resistência de união dentina-pino. Segundo recentes estudos, a aplicação ativa tem se mostrado mais eficaz do que a aplicação passiva (Pasquantonio et al. ²³ 2007, do Amaral et al. ²⁴ 2010, Zhang et al. ²⁵ 2013, Cuadros-Sanchez et al. ²⁶ 2014).

Embora adesivos autocondicionantes de um passo sejam comercializados como adesivos simplificados, é necessária uma química mais complexa para misturar monómeros hidrofílicos e hidrofóbicos, solventes, água e aditivos. A água é indispensável, pois fornece a ionização para atividade do adesivo autocondicionante. No entanto, é difícil ocorrer a evaporação da água dos adesivos simplificados, existem duas maneiras de aumentar a evaporação do solvente: a mistura do primer após a sua aplicação sobre superfície da dentina, pela utilização de ar comprimido ou por aplicação ativa (do Amaral et al. ⁴⁸ 2009)

Pensando em um modo para aplicação ativa que reduza a sensibilidade da técnica, dispensando a calibração do operador, o protótipo de ultrassom foi utilizado. Devido as propriedades físicas, características de vibração, foi preciso uma morfologia e design estrutural adequados, com frequências correspondentes, para fornecer uma vibração ideal para o tipo de aplicação clínica (Ahamad et al. ⁴⁹ 1993). Atualmente a frequência do ultrassom utilizada na odontologia atua na faixa de 25-40 kHz. (Plotino et al. ⁵⁰ 2007).

Os resultados deste estudo demonstraram que, independente do adesivo/cimento resinoso utilizado, a aplicação ativa, sendo esta, manual ou com a

utilização do aparelho ultrassônico apresentaram maiores valores de RU, semelhantes resultados foram descritos por Ferrari et al.¹⁸ 2000, do Amaral et al.²⁴ 2010, Cuadros- Sanchez et al.²⁶ 2014. Em relação ao tipo de aplicação e ao terço radicular, apenas com a utilização do aparelho ultrassônico, foi notado uma melhora no terço cervical do conduto radicular comparado aos terços medial e apical, de acordo com Cuadros-Sanchez et al.²⁷ (2014).

Uma das explicações da melhora de resultados de resistência de união com aplicação ativa dos adesivos, utilizando aplicação manual ou mecânica, se deve ao fato da agitação na superfície promovendo a aceleração da evaporação do solvente. Ao mesmo tempo a taxa de monômero incorporado na camada de smear layer é instensificada (Miyazaki et al.⁵¹ 1991). Além de promover a dissolução da smear layer para alcançar uma melhor interação micromecânica com o substrato subjacente (Chan et al.³⁰ 2003).

Estudos que utilizaram aparelho sônico sugerem que o movimento das cerdas do aplicador sob vibração sônicas transmita energia para o sistema adesivo, facilitando a infiltração do produto no interior do canal radicular, alcançando áreas além daquelas onde as cerdas tocam. Sugerimos que essa hipótese também se aplique ao aparelho ultrassônico e a aplicação manual ativa.

A vibração de alta velocidade do microbrush cria ondas de pressão e forças de cisalhamento no adesivo que são fortemente empurradas contra as superfícies da dentina (Mena-Serrano et al.²⁷ 2013). Estes também removem bolhas microscópicas para fora da estrutura, potencializando a penetração do adesivo dentro do conduto radicular, apresentando assim melhores resultados em comparação à aplicação passiva Cuadros-Sanchez et al.²⁷ (2014).

Os valores de nanoinfiltração foram maiores com a utilização do adesivo/cimento Adper Single Bond Universal e RelyX ARC. Com o adesivo Single Bond Universal, foram observados menores valores na região cervical e apical, os valores de NI foram menores com a utilização do protótipo de ultrassom em relação aplicação ativa.

Adesivos convencionais são considerados uma técnica sensível para adesão satisfatória na dentina, pois a secagem excessiva do conduto radicular promove a desmineralização das fibras colágenas ocasionando o colapso das fibras e reduzindo a difusão dos monômeros entre as fibras colágenas. Além disso, a presença excessiva de umidade pode resultar na polimerização incompleta de monômeros e absorção de água na camada híbrida (Spencer et al. ⁵² 1999, Pashley et al. ⁵³ 2011). Em contrapartida a maioria dos adesivos autocondicionantes tem água como base em sua composição facilitando o controle de umidade da dentina (Ozer et al. ⁴³ 2013). Neste estudo foi observado que estes fatores contribuíram com a melhora dos resultados obtidos pelos adesivos autocondicionantes na dentina radicular, comparado aos adesivos convencionais.

A menor resistência de união no terço médio da NI pode ser explicada pela baixa eficácia de luz e uma maior espessura de cimento comparado ao terço apical, que pode não ter sido completamente polimerizada. O terço apical tem uma camada mais fina de cimento, e foi capaz de ter sido completamente polimerizado por fração química do cimento (Bastos et al. ⁵⁵ 2011).

Ainda são poucos estudos que avaliaram o GC in situ em cimentação adesiva do canal radicular (Cuadros-Sanchez et al. ²⁷ 2014). Através do uso da

Espectroscopia micro-Raman, foi feita uma medição direta da porcentagem de duplas ligações convertidas dentro da própria estrutura dentária (Hass et al. ⁴⁷ 2013).

Os resultados do grau de conversão mostraram aumento significativo de GC nos terços cervical e médio da aplicação ativa e em todos os terços da aplicação com o protótipo, semelhante ao estudo de Cuadros-Sanchez et al. ²⁷ (2014), mostrando melhores resultados em todos os terços com a aplicação ultrassônica e com aplicação passiva piores resultados no terço apical.

Em relação as técnicas de aplicação das interações duplas adesivo/aplicação, apenas a aplicação passiva com o sistema de cimentação utilizando cimento RelyX Ultimate e adesivo Single Bond Universal mostrou piores resultados. Com relação aos resultados do adesivo, embora a adesão na dentina úmida proporcione estabilidade ao colágeno, vários outros fatores interferem na difusão do adesivo na camada de dentina desmineralizada. É provável que esta resistência reflita nas diferenças da composição dos sistemas adesivos, incluindo a variação na concentração de monómeros hidrofóbicos BisGMA (Spencer et al. ⁵⁶ 2000).

Dentro das limitações deste estudo in vitro, concluiu-se que a aplicação ativa é a opção de escolha, priorizando a utilização do protótipo de ultrasson por ser um aparelho de uso comum diminuindo o custo em relação ao aparelho sônico e diminuindo a sensibilidade da técnica, melhorando a resistência de união de pinos de fibra de vidro no canal radicular. O sistema adesivo autocondicionante deve ser priorizado pela redução observada na nanoinfiltração da camada híbrida. 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 os resultados obtidos neste estudo pode se concluir:

- 1- Aumento de resistência de união com a utilização da aplicação ativa (manual e ultrassônica).
- 2- Maiores valores de infiltração de nitrato utilizando o sistema adesivo Adper Single Bond e redução dos valores de infiltração de nitrato utilizando o protótipo de ultrasson em relação aplicação ativa.
- 3- No teste de grau de conversão foi observado um aumento significativo do grau de conversão nos terços cervical e médio da aplicação ativa e em todos os terços utilizando o protótipo de ultrasson, a aplicação passiva associada ao sistema de cimentação utilizando o adesivo Single Bond Universal mostrou piores resultados.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Christensen GJ. Posts and cores: state of the art. J Am Dent Assoc. 1998 Jan;129 (1):96-7.
2. 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.
3. Reis A, de Carvalho Cardoso P, Vieira LC, Baratieri LN, Grande RH, Loguercio AD. Effect of prolonged application times on the durability of resindentin bonds. Dent Mater. 2008 May;24(5):639-44.
4. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: a literature review. Aust Dent J. 2011 May;56(1):77-83.
5. Hayashi M, Ebisu S. Key factors in achieving firm adhesion in post-core restorations. Jap Dent Sci Rev. 2008 Jul; 44(1):22-8.
6. 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.
7. Saraiva LO, Aguiar TR, Costa L, Correr-Sobrinho L, Muniz L, Mathias P. Effect of different adhesion strategies on fiber post cementation: Push-out test and scanning electron microscopy analysis. Contemp Clin Dent. 2013 Oct;4(4):443-7.
8. Feuser L, Araújo E, Andrada MAC. Fiber Post – Choose Correctly. Arquivos do Centro de Estudos do Curso de Odontologia, Universidade Estadual de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2005 Jul-Set; 41 (3):193-272.
9. 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.
10. Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. J Endod. 2004 May;30(5):289-301.
11. 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.
12. Akungor G, Akkayan B. Influence of dentin bonding agents and polymerization modes on the bond strength between translucent fiber posts

- and three dentin regions within a post space. *J Prosthet Dent.* 2006 May;95(5):368-78.
13. 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.
 14. Mjör IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J.* 2001 Jul;34(5):346-53.
 15. 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.
 16. Zhang L, Huang L, Xiong Y, Fang M, Chen JH, Ferrari M. Effect of post-space treatment on retention of fiber posts in different root regions using two self-etching systems. *Eur J Oral Sci.* 2008 116:280–286.
 17. Ebrahimi SF, Shadman N, Nasery EB, Sadeghian F. Effect of polymerization mode of two adhesive systems on push-out bond strength of fiber post to different regions of root canal dentin. *Dent Res J (Isfahan).* 2014 Jan;11(1):32-8.
 18. 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.
 19. 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.
 20. Menezes MS, Queiroz EC, Campos RE, Martins LR, Soares CJ. Influence of endodontic sealer cement on fibre glass post bond strength to root dentine. *Int Endod J.* 2008 Jun;41(6):476-84.
 21. Ohlmann B, Fickenscher F, Dreyhaupt J, Rammelsberg P, Gabbert O, Schmitter M. The effect of two luting agents, pretreatment of the post, and pretreatment of the canal dentin on the retention of fiber-reinforced composite posts. *J Dent.* 2008 Jan;36(1):87-92
 22. Gomes GM, Rezende EC, Gomes OM, Gomes JC, Loguercio AD, Reis A. Influence of the resin cement thickness on bond strength and gap formation of fiber posts bonded to root dentin. *J Adhes Dent.* 2014 Feb;16(1):71-8.
 23. Bitter K, Gläser C, Neumann K, Blunck U, Frankenberger R. Analysis of resin-dentin interface morphology and bond strength evaluation of core

- materials for one stage post-endodontic restorations. *PLoS One*. 2014 Feb 28;9(2).
24. Pasquantonio G, Tay FR, Mazzoni A, Suppa P, Ruggeri A Jr, Falconi M, Di Lenarda R, Breschi L. Electric device improves bonds of simplified etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater*. 2007 Apr; 23(4):513-8.
 25. do Amaral RC, Stanislawczuk R, Zander-Grande C, Gagler D, Reis A, Loguercio AD. Bond strength and quality of the hybrid layer of one-step self-etch adhesives applied with agitation on dentin. *Oper Dent*. 2010 Mar-Apr;35(2):211-9.
 26. Zhang Y, Wang Y. Effect of application mode on interfacial morphology and chemistry between dentine and self-etch adhesives. *J Dent*. 2013 Mar;41(3):231-40.
 27. Cuadros-Sanchez J, Szesz A, Hass V, Patzlaff RT, Reis A, Loguercio AD. Effects of sonic application of adhesive systems on bonding fiber posts to root canals. *J Endod*. 2014 Aug;40(8):1201-5.
 28. 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
 29. Dal-Bianco K, Pellizzaro A, Patzlaff 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.
 30. Chan KM, Tay FR, King NM, Imazato S, Pashley DH. Bonding of mild selfetching primers/adhesives to dentin with thick smear layers. *Am J Dent*. 2003 Oct;16(5):340-6.
 31. 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.
 32. Gomes GM, Gomes OM, Reis A, Gomes JC, Loguercio AD, Calixto AL. Effect of operator experience on the outcome of fiber post cementation with different resin cements. *Oper Dent*. 2013 Sep-Oct;38(5):555-64.
 33. Bagis B, Turkaslan S, Vallittu 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.

34. Onay EO, Korkmaz Y, Kiremitci A. Effect of adhesive system type and root region on the push-out bond strength of glass-fibre posts to radicular dentine. *Int Endod J*. 2010 Apr;43(4):259-68.
35. Pereira PC, Melo RM, Chaves C, Galhano GA, Bottino MA, Balducci I. The adhesive system and root canal region do not influence the degree of conversion of dual resin cement. *J Appl Oral Sci*. 2010 Sep-Oct;18(5):477-81.
36. Ballesio I, Angotti V, Gallusi G, Libonati A, Tecco S, Marzo G, Campanella V. Durability of adhesion between an adhesive and post-space dentin: Push-out evaluation at one and six months. *Int. J. Adh. Adh*. 2012 Oct; 38 : 75 -78.
37. Faria e Silva AL, Casselli DS, Ambrosano GM, Martins LR. Effect of the adhesive application mode and fiber post translucency on the push-out bond strength to dentin. *J Endod*. 2007 Sep;33(9):1078-81.
38. Boff LL, Grossi ML, Prates LH, Burnett LH Jr, Shinkai RS. Effect of the activation mode of post adhesive cementation on push-out bond strength to root canal dentin. *Quintessence Int*. 2007 May;38(5):387-94.
39. Marques de Melo R, Galhano G, Barbosa SH, Valandro LF, Pavanelli CA, Bottino MA. Effect of adhesive system type and tooth region on the bond strength to dentin. *J Adhes Dent*. 2008 Feb;10(2):127-33.
40. da Silva LM, Andrade AM, Machuca MF, da Silva PM, da Silva RV, Veronezi MC. Influence of different adhesive systems on the pull-out bond strength of glass fiber posts. *J Appl Oral Sci*. 2008 May-Jun;16(3):232-5.
41. Radovic I, Mazzitelli C, Chieffi N, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts cemented using different adhesive approaches. *Eur J Oral Sci*. 2008 Dec;116(6):557-63.
42. Faria-e-Silva AL, Mendonça AA, Garcez RM, Oliveira Ada S, Moreira AG, Moraes RR. Adhesion strategy and early bond strengths of glass-fiber posts luted into root canals. *Braz Oral Res*. 2012 Sep-Oct;26(5):485-7.
43. Ozer F, Blatz MB. Self-etch and etch-and-rinse adhesive systems in clinical dentistry. *Compend Contin Educ Dent*. 2013 Jan;34(1):12-4, 16, 18; quiz 20, 30. Review.

44. Juloski J, Fadda GM, Radovic I, Chieffi N, Vulicevic ZR, Aragoneses JM, Ferrari M. Push-out bond strength of an experimental self-adhesive resin cement. *Eur J Oral Sci.* 2013 Feb;121(1):50-6.
45. Helvacioğlu Kivanç B, Deniz Arısu H, Uçtaşlı MB, Okay TC. The effect of different adhesive system applications on push-out bond strengths of glass fiber posts. *J Adv Prosthodont.* 2013 Aug;5(3):305-11.
46. Giannini M, Makishi P, Ayres AP, Vermelho PM, Fronza BM, Nikaido T, Tagami J. Self-etch adhesive systems: a literature review. *Braz Dent J.* 2015 Jan-Feb;26(1):3-10.
47. 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 simplifield etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater.* 2013 Sep;29(9):921-8.
48. Do Amaral RC, Stanislawczuk R, Zander-Grande C, Michel MD, Reis A, Loguercio AD. Active application improves the bonding performance of selfetch adhesives to dentin. *J Dent.* 2009 Jan;37(1):89-90.
49. Ahmad M, Roy RA, Kamarudin AG, Safar M. The vibratory pattern of ultrasonic files driven piezoelectrically. *Int Endod J.* 1993 Mar; 26(2):120-4.
50. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *J Endod.* 2007 Feb;33(2):81-95.
51. Miyazaki M, Hinoura K, Kanamaru T, Koga K, Iwauchi H & Onose H. Study on light cured composite resin-influence of pretreated procedures for dentin surfaces on shear bond strength to dentin. *Japanese Journal of Conservative Dentistry.* 1991; 34(3) 734-741.
52. Spencer P, Swafford JR. Unprotected protein at the dentin-adhesive interface. *Quintessence Int.* 1999 Jul;30(7):501-7.
53. Pashley DH, Tay FR, Breschi L, et al. State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater.* 2011;27(1): 1-16.
54. Bastos PCA, Faria DE, Bridi EC, Amaral FLB, França FMG, Flório FM, Basting RT. Push-out bond strength and sealing ability of etch-and-rinse and self-etching adhesives used for fiberglass dowel bonding at different depths of the root canals. *Rev Odontol UNESP.* 2011; 40(4): 174-181.
55. Spencer P, Wang Y, Walker MP, Wieliczka DM, Swafford JR. Interfacial chemistry of the dentin/adhesive bond. *J Dent Res.* 2000 Jul;79 (7):1458-63.

Anexo A
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 a elaboração desta pesquisa.

Sendo assim, após aprovação da COEP/UEPG, nossa contribuição consistirá no oferecimento de **66 (sessenta e seis) pré-molares unirradiculares** para execução do trabalho de pesquisa intitulado: **Influência da aplicação ultrassônica com diferentes sistemas adesivos na resistência de união dos pinos de fibra de vidro**, a ser realizado por **Carolina Gelh Navarro Escobar** com a colaboração de **John Alexis Domingues**, orientados pelo **Prof. Dr. João Carlos Gomes** e co-orientados pelo **Prof. Dr. Abraham Lincoln Calixto**.

Ponta Grossa, 09 de setembro de 2014.

Coordenadora do Banco de Dentes Humanos - UEPG

Universidade Estadual de Ponta Grossa
Banco de Dentes Humanos
Prof.^a Dr.^a Vania A. O. Queiroz
Coordenadora

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

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
PONTA GROSSA - UEPG



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Influência da aplicação ultrassônica com diferentes sistemas adesivos na resistência de união dos pinos de fibra de vidro.

Pesquisador: João Carlos Gomes

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 37082114.0.0000.0105

Instituição Proponente: Universidade Estadual de Ponta Grossa

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 843.483

Data da Relatoria: 22/10/2014

Apresentação do Projeto:

O objetivo deste estudo é avaliar o efeito da resistência de união push-out, a nanoinfiltração e o grau de conversão de adesivos aplicados manualmente, com aplicação ativa e com uma nova ponta de ultra-som, dentro do conduto radicular. Materiais e método: os canais de 66 pré-molares unirradiculares serão tratados endodônticamente e divididos em seis grupos de acordo com a combinação da aplicação adesiva (manual inativa, manual ativa e com a nova ponta de ultra-som) e dos sistemas adesivos (Sistema Adesivo Adper Single Bond 2 3MESPE e Sistema Adesivo Single Bond Universal 3MESPE). Os pinos serão cimentados. Após o armazenamento em água a 37° C por uma semana, cada raiz será seccionada transversalmente em seis discos com 1 mm de espessura, nos terços: coronário (TC), médio (TM) e apical (TA) do canal radicular identificados. O teste depush-out será realizado a uma velocidade de 0,5 mm/min. Os dados obtidos serão analisados estatisticamente por meio do teste ANOVA e pós teste de Tukey ($p=0,05$). A nanoinfiltração será avaliada pelo microscópio eletrônico de varredura (MEV), após, a imersão das espécimes em 50% de nitrato de prata, a percentagem relativa de microinfiltração na interface de união será medida em quatro regiões de cada fatia (medial, distal, vestibular e lingual). A espectroscopia Raman será utilizada para mensurar o grau de conversão. Os resultados serão analisados pela análise de variância 3-way e Tukey (5%).

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvararanas, Bloco M, Sala 100.

Bairro: Uvaranas **CEP:** 84.030-900

UF: PR **Município:** PONTA GROSSA

Telefone: (42)3220-3108

E-mail: coep@uepg.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
PONTA GROSSA - UEPG



Continuação do Parecer: 843.483

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo deste estudo é avaliar o efeito da resistência de união push-out e da nanoinfiltração de adesivos aplicados manualmente, com aplicação ativa e com uma nova ponta de ultra-som, dentro do conduto radicular.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Não haverá riscos potenciais para os pesquisadores, pois serão utilizados nessa pesquisa experimental os EPIs (Equipamentos de Proteção Individual), como luvas, máscaras, gorro, jaleco e óculos de proteção pelos mesmos, de acordo com a Resolução CEPE/UEPG n.057, de 13 de julho de 2004; além do uso de instrumentais clínicos e laboratoriais esterilizados. Além de que a referida pesquisa será realizada in vitro, não acarretando assim nenhum risco para o paciente, pois a mesma necessitará apenas do elemento dental extraído por indicação periodontal ou por outra especialidade odontológica, antes da realização do experimento; sendo os mesmos oriundos do Banco de Dentes Humanos (BDH) da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).

Benefícios:

O protótipo da nova ponta de ultra-som pode melhorar a qualidade de adesão, pelo novo método de aplicação dos sistemas adesivos no conduto radicular.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um estudo relevante, pois com o protótipo da nova ponta de ultra-som poderá ser observado melhores resultados de adesão, comparando com os métodos tradicionais.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados os documentos pertinentes para o desenvolvimento do estudo.

Recomendações:

Não se aplica.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco M, Sala 100.
Bairro: Uvaranas **CEP:** 84.030-900
UF: PR **Município:** PONTA GROSSA
Telefone: (42)3220-3108 **E-mail:** coep@uepg.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
PONTA GROSSA - UEPG



Continuação do Parecer: 843.483

Considerações Finais a critério do CEP:

PONTA GROSSA, 23 de Outubro de 2014

Assinado por:
ULISSES COELHO
(Coordenador)

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvararanas, Bloco M, Sala 100.
Bairro: Uvaranas **CEP:** 84.030-900
UF: PR **Município:** PONTA GROSSA
Telefone: (42)3220-3108 **E-mail:** coep@uepg.br