

BRUNO DALEPRANE

**EFEITO DE SISTEMAS RESINOSOS E DO ACESSO AO
CONDUTO NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE PINOS DE
FIBRA DE VIDRO CIMENTADOS À DENTINA RADICULAR**

Faculdade de Odontologia
Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte
2015

BRUNO DALEPRANE

**EFEITO DE SISTEMAS RESINOSOS E DO ACESSO AO
CONDUTO NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE PINOS DE
FIBRA DE VIDRO CIMENTADOS À DENTINA RADICULAR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Odontologia

Área de concentração: Clínica Odontológica

Orientadora: Prof^a Dr^a Cláudia Silami de Magalhães

Coorientador: Prof. Dr. Allyson Nogueira Moreira

Faculdade de Odontologia
Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte
2015

FICHA CATALOGRÁFICA

D139e
2015
T

Daleprane, Bruno

Efeito de sistemas resinosos e do aceso ao conduto na resistência de união de pinos de fibra de vidro cimentados à dentina radicular / Bruno Daleprane. – 2015.

154 f. : il.

Orientadora: Cláudia Silami de Magalhães

Coorientador: Allyson Nogueira Moreira

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Odontologia.

1. Cimentos de resina. 2. Técnica para retentor intrarradicular. 3. Adesivos dentinários. I. Magalhães, Cláudia Silami de.

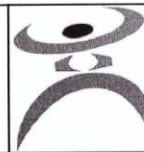
II. Moreira, Allyson Nogueira. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Odontologia. IV. Título.

BLACK D047



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

EFEITO DE SISTEMAS RESINOSOS E DO NÍVEL DE ACESSO AO CONDUTO NA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO POR EXTRUSÃO DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO CIMENTADOS À DENTINA RADICULAR

BRUNO DALEPRANE

Tese submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA, como requisito para obtenção do grau de Doutor em ODONTOLOGIA, área de concentração CLÍNICA ODONTOLÓGICA.

Aprovada em 06 de maio de 2015, pela banca constituída pelos membros:

Prof(a). Cláudia Silami de Magalhães - Orientador
UFMG

Prof(a). Allyson Nogueira Moreira
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof(a). Luis Alexandre Maffei Sartini Paulillo
UNICAMP

Prof(a). Sergio Lima Santiago
Universidade Federal do Ceará

Prof(a). Walison Arthuro Vasconcellos
UFMG

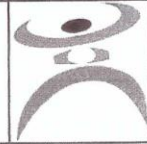
Prof(a). Monica Yamauti
UFMG

Belo Horizonte, 6 de maio de 2015.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA



ATA DA DEFESA DE TESE DO ALUNO BRUNO DALEPRANE

Realizou-se, no dia 06 de maio de 2015, às 14:00 horas, Faculdade de Odontologia UFMG, da Universidade Federal de Minas Gerais, a defesa de tese, intitulada *EFEITO DE SISTEMAS RESINOSOS E DO NÍVEL DE ACESSO AO CONDUTO NA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO POR EXTRUSÃO DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO CIMENTADOS À DENTINA RADICULAR*, apresentada por BRUNO DALEPRANE, número de registro 2011711856, graduado no curso de ODONTOLOGIA, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em ODONTOLOGIA, à seguinte Comissão Examinadora: Prof(a). Cláudia Silami de Magalhães - Orientador (UFMG), Prof(a). Allyson Nogueira Moreira (Universidade Federal de Minas Gerais), Prof(a). Luis Alexandre Maffei Sartini Paulillo (UNICAMP), Prof(a). Sergio Lima Santiago (Universidade Federal do Ceará), Prof(a). Walison Arthuso Vasconcellos (UFMG), Prof(a). Monica Yamauti (UFMG).


A Comissão considerou a tese:

Aprovada

Reprovada

Finalizados os trabalhos, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos membros da Comissão.
Belo Horizonte, 06 de maio de 2015.


Prof(a). Cláudia Silami de Magalhães (Doutora)


Prof(a). Allyson Nogueira Moreira (Doutor)


Prof(a). Luis Alexandre Maffei Sartini Paulillo (Doutor)


Prof(a). Sergio Lima Santiago (Doutor)


Prof(a). Walison Arthuso Vasconcellos (Doutor)


Prof(a). Monica Yamauti (Doutora)

DEDICATÓRIA

A toda minha família por todo o apoio;

A minha amada esposa, Priscila Lourencino Cardoso, que está sempre ao meu lado me dando força e incentivo, suportou a minha ausência e foi paciente nas horas em que minha dedicação estava voltada aos estudos e à pesquisa.

Aos meus pais, José Ricardo Daleprane e Zioni Pirola Daleprane, por dedicarem suas vidas em favor de mim e de meu irmão, Ricardo Junio Daleprane, mostrando para nós o valor dos estudos e lutando para que não nos faltasse nada.

A minha Vovó Assumpta Loriato Daleprane, pelo exemplo de pessoa, que esteve muito presente no início dessa caminhada, mas agora não está mais presente entre nós.

AGRADECIMENTOS

Obrigado Deus, por me conceder força e perseverança.

Nesse momento não poderia deixar de agradecer a pessoas que foram fundamentais para este acontecimento:

À minha querida Tia Santa Isabel Daleprane, por me acolher tão bem em sua casa nesse período, aos maravilhosos momentos que passamos juntos, as conversas, os incentivos e as caronas na madrugada para chegar a tempo na faculdade. Enfim por tudo que você fez por mim nesse período muito obrigado, você foi peça fundamental.

A Rosa e Adriana Gontijo, por me receberem em sua casa nos dias em que minha Tia Santa estava em uma de suas viagens, sempre amigas e atenciosas.

À Faculdade de Odontologia da UFMG e ao seu programa de Pós-graduação, seus professores e funcionários que me acolheram em seu programa, e não me deixaram faltar nada durante essa caminhada.

Aos meus orientadores, professora Dra. Cláudia Silami de Magalhães e o Dr. Allyson Nogueira Moreira, por confiarem no meu projeto e na minha capacidade de execução do mesmo, pela dedicação que oferecem a esse programa, pela força, exemplo, incentivo e cobrança por dedicação.

Aos colegas do doutorado, pelos diferentes exemplos, pelas parcerias em estudos e trabalhos. Em especial a grande amiga Carolina Nemesio de Barros Pereira, pessoa que em momento algum mede esforços para ajudar, não apenas a mim, mas muitos outros colegas de curso. E ao Emerson Hamilton Silva, outro grande parceiro em trabalhos, exemplo de profissional. Grande parte do sucesso alcançado foi conseguido graças a essas parcerias de sucesso. Muito obrigado!

Ao Laboratório de Pesquisa em Materiais da Faculdade de Odontologia da UFMG, por permitir que esse projeto fosse exequível.

Ao Laboratório de Engenharia de Polímeros e Compósitos da Universidade Federal de Minas Gerais, por abrirem as portas para que pudesse realizar meus ensaios mecânicos, em especial ao Prof. Dr. Rodrigo Oréfice e ao Técnico Túlio.

Ao Centro de Microscopia da UFMG e seus funcionários, por toda ajuda oferecida na execução das imagens, aos momentos sérios e aqueles divertidos que passamos.

Agradeço o suporte financeiro da FAPEMIG (Demanda Universal APQ 2013), a Pró-Reitoria de Pesquisa da UFMG através do suporte para edição de artigos no idioma inglês e a CAPES pela bolsa de estudo.

RESUMO

O sistema de cimentação e sua fotoativação, a profundidade do conduto radicular e a morfologia da dentina podem influenciar a resistência de união de pinos cimentados ao conduto radicular. Este estudo *in vitro*, em caráter hipotético, avaliou o efeito de sistemas resinosos e dos níveis de acesso ao conduto na resistência de união de pinos de fibra de vidro cimentados ao conduto radicular. Foram utilizados 135 dentes bovinos, distribuídos de acordo com um delineamento em blocos completos aleatorizados. As coroas foram seccionadas na junção cimento-esmalte e as raízes receberam tratamento endodôntico, preparo e cimentação de pinos de fibra de vidro Reforpost nº3 (Angelus), usando os seguintes sistemas: RelyX ARC/ Adper Scotchbond Multi-Purpose plus (3M ESPE); C&B/All-Bond 2 (Bisco) e RelyX U200 (3M ESPE). As raízes foram então divididas, de acordo com o nível de acesso ao conduto: coronal, médio e apical, formando 9 grupos em estudo (n=15). Depois da cimentação, foram obtidos dois espécimes em cada terço radicular, com 1,0 mm de espessura. Foi realizado o ensaio de resistência ao cisalhamento por extrusão, usando célula de carga de 20N e velocidade de 0,5mm/min, e registrada a força máxima (MPa) para o deslocamento do pino. Os espécimes foram examinados em estereoscópio para identificação do modo de fratura. Imagens foram obtidas por microscopia eletrônica de varredura para a avaliação da linha de cimentação. O efeito dos fatores em estudo e de sua interação sobre a resistência de união nos terços coronal, médio e apical do conduto foi verificado por ANOVA e teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Quando o acesso ao conduto foi feito no terço coronário, o sistema de cimentação ($p=0,790$), o terço radicular avaliado ($p=0,224$), e a interação ($p=0,443$) não mostraram efeito significativo. Quando foi avaliada a resistência de união apenas no terço apical, o nível de acesso ao conduto apresentou efeito significativo ($p=0,029$), mas o sistema de cimentação ($p=0,775$) e a interação ($p=0,420$) não foram significativos. Quando a resistência de união foi avaliada no mesmo nível de acesso ao conduto, houve efeito significativo do nível de acesso ($p=0,001$), porém, o sistema de cimentação ($p=0,56$) e a interação ($p=0,809$) não foram significativos. Sob as condições estudadas, os sistemas de cimentação resinosos apresentaram resistências de união similares e o nível de acesso ao conduto influenciou a resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina radicular.

Independentemente do sistema de cimentação usado, o acesso direto ao terço apical favoreceu a resistência de união nesse terço. Recomenda-se o uso de materiais e técnicas de cimentação que facilitem o acesso para preparo do substrato e polimerização dos sistemas resinosos, em toda a extensão do conduto radicular.

Palavras-chave: Cimentos de resina. Técnica para retentor intrarradicular.
Adesivos dentinários

ABSTRACT

Effect of resin system and access to the root canal on the bond strength of fiber glass post cemented to the root dentin

The type of cement and its curing system, the depth of the root canal and the dentin characteristics may influence the bond strength of root canal posts. This in vitro study evaluated the effect of resin systems and different levels of access to root canal in shear bond strength of fiber glass posts cemented to the dentin. A randomized complete block design used 135 mandibular bovine teeth. The crowns were sectioned at the cemento-enamel junction and the roots received endodontic treatment and post space preparation for the cementation of fiber glass posts (Reforpost n.3, Angelus) using one of the following systems: RelyX ARC/Adper Scotchbond Multi-Purpose plus (3M ESPE), C&B/All Bond 2 (Bisco) and RelyX U200 (3M ESPE). Each group was further divided into three groups according to the access level to the root canal (coronal, medium, apical), totaling 9 groups (n=15). After posts cementation, the roots were horizontally sectioned to obtain two specimens in each root third, with 1.0 mm thickness. Shear bond strength test was conducted, using 20N loading cell and 0.5mm/min speed. The maximum strength for the post displacement (MPa) was recorded. Then, the specimens were examined under stereomicroscope to characterize the failure mode. Images were obtained by scanning electron microscopy to evaluate the cementation line. The effect of the studied factors and the interactions on the shear bond strength in coronal, middle and apical regions was verified by ANOVA and Tukey's test ($p \leq 0.05$). When the access to root canal was made on the coronal root third, the cementation system ($p=0.790$), the root third ($p=0.224$) and the interaction ($p=0.443$) did not show significant effect. The bond strength measured only at the apical third showed that the level of access to root canal had a significant effect ($p=0.029$), but the cementation system ($p=0.775$) and the interaction ($p=0.420$) were not significant. When the bond strength was assessed in the same root third of access to the canal, there was a significant effect of root third ($p=0.001$), but the cementation system ($p=0.56$) and the interaction ($p=0.809$) were not significant. Under the experimental conditions, it was concluded that the resin cements exhibited similar shear bond strength. Direct access to the canal promoted superior bond strength on the apical

third of root canal, regardless of the resin cement system. The use of luting materials and techniques that facilitate access to the whole canal length for dentin preparation and polymerization of resin systems is recommended.

Key words: Resin cements. Post and core technique. Dentin-bonding agents.

LISTA DE ABREVIATURAS

A – Área

Bis-GMA – Bisfenol A-glicidil metacrilato

cm² – Centímetro quadrado

EDTA – Ácido etilenodiamino tetra- acético

Fator C – Fator de configuração cavitária

FTIR – Espectroscopia na região do infra-vermelho por transformada de Fourier

h – Altura

h – Hora

JCE – Junção cimento-esmalte

Kg – Quilograma

Kgf – Quilograma força

MEV – Microscopia eletrônica de varredura

mm – Milímetro

mm² – Milímetros quadrados

mm/min – Milímetro por minuto

min – Minuto

MPa – Mega Pascal

NaClO – Hipoclorito de sódio

NMF – Núcleos metálicos fundidos

pH – Potencial hidrogeniônico

r – Raio

SB – Single Bond

SBMP – Adper Scotchbond Multi-Purpose Plus

Seg – Segundo

TEGDMA – Trietilenoglicol-dimetacrilato

X – Vezes de aumento

ZOE – Óxido de zinco e eugenol

% – Por cento

°C – Grau Celsius

π – PI

Lista de figuras

Figura 1 – Dentes bovinos	68
Figura 2 – Obtenção das raízes dentárias	68
Figura 3 – Exemplo de raiz excluída do estudo, em função do diâmetro do conduto	68
Figura 4 – Exemplo de raiz incluída no estudo, em função do diâmetro do conduto	69
Figura 5 – Pino de fibra de vidro Reforpost nº 3 e brocas de Largo de números 2 a 5	70
Figura 6 – Representação dos diferentes níveis de acesso ao conduto radicular. C-coronal, M- médio, A- apical	70
Figura 7 – Secções radiculares obtidas com espessura de aproximadamente 1,00mm	74
Figura 8 – Espécimes obtidos após o seccionamento e identificados conforme a localização, sendo: preto – coronal, vermelho – médio, azul – apical	74
Figura 9 – Esquema ilustrativo das secções das raízes para preparo dos espécimes, onde: (A) a entrada do conduto se encontra no terço coronal; (B) a entrada do conduto se encontra no terço médio; (C) a entrada do conduto se encontra no terço apical	75
Figura 10 – Aferição da espessura dos espécimes com paquímetro digital	75
Figura 11 – Dispositivo usado na máquina de ensaio mecânico para o teste de <i>push-out</i>	76
Figura 12 – Espécime posicionado para teste de <i>push-out</i>	76
Figura 13 – Máquina de ensaio universal EMIC 3000	77

Figura 14 – Espécimes selecionados para a avaliação da linha de cimentação em MEV	78
Figura 15 – Ilustração da localização dos espécimes avaliados na primeira condição experimental (objetivo específico a)	79
Figura 16 – Ilustração da localização dos espécimes avaliados na segunda condição experimental (objetivo específico b)	80
Figura 17 – Ilustração da localização dos espécimes avaliados na terceira condição experimental (objetivo específico c)	80
Figura 18 – Sistema ARC/SBMP no terço coronal. A – aumento de 70x. B – aumento de 1000x. Camada híbrida evidente com vários <i>tags</i> de resina nos túbulos dentinários. P – pino, C – cimento resinoso e * - <i>tags</i> de resina	85
Figura 19 – Sistema C&B/All-Bond 2 no terço apical no grupo no qual o acesso foi realizado no terço apical. A aumento de 500x. B – aumento de 1000x, notar camada híbrida evidente com vários <i>tags</i> de resina. H – camada híbrida, C – cimento resinoso, P – pino e * - <i>tags</i> de resina	85
Figura 20 – Sistema ARC/SBMP no terço apical, para o grupo no qual o acesso foi realizado pelo terço coronal. A – aumento de 70x, notar a presença de bolhas; B – aumento de 500x, notar bolhas e a camada híbrida não evidente, sem presença de <i>tags</i> de resina aparentes. Onde, b – bolhas, C – cimento.	86
Figura 21 – Sistema resinoso U200, no terço apical, para o grupo no qual o acesso foi realizado no terço apical. A – aumento de 500x; B – aumento de 1000x, notar o cimento em íntimo contado com a dentina, porém não é observada a presença de <i>tags</i> de resina evidentes e camada híbrida. Onde, C – cimento e P – Pino.	86

Lista de Quadros, tabelas e gráficos

Quadro 1 – Sistemas de cimentação avaliados.	71
Tabela 1 – Média e desvios-padrão da resistência de união (MPa) dos sistemas de cimentação medida nos diferentes terços radiculares, com acesso no terço coronal do conduto.	81
Tabela 2 – Médias e desvios padrão da resistência de união (MPa) no terço apical para os diferentes cimentos, aplicados nos terços coronal, médio e apical.	82
Tabela 3 - Médias e desvios padrão da resistência de união (MPa) medidos nos terços coronal, médio e apical, para os diferentes cimentos aplicados diretamente em cada nível de acesso ao conduto.	82
Gráfico 1 – Resultado da análise do modo de fratura para acesso ao conduto pelo terço coronal, onde 1) adesiva entre a dentina e o cimento; 2) adesiva entre o pino e o cimento; 3) mista; 4) coesiva no pino. ARC C – RelyX ARC no terço coronal; ARC M – RelyX ARC no terço médio; ARC A – RelyX ARC no terço apical; CEB C – C&B no terço coronal; CEB M – C&B no terço médio; CEB AA – C&B no terço apical; U200 C – RelyX U200 no terço coronal; U200 M – RelyX U200 no terço médio; U200 A – RelyX U200 no terço apical	83
Gráfico 2 – Resultado da análise do modo de fratura, para os diferentes níveis de acesso, avaliados apenas no terço apical, onde 1) adesiva entre a dentina e o cimento; 2) adesiva entre o pino e o cimento; 3) mista; 4) coesiva no pino. Legenda inferior refere ao cimento e o nível de acesso ao conduto, onde: ARC C – RelyX ARC no terço coronal; ARC M – RelyX ARC no terço médio; ARC A – RelyX ARC no terço apical; CEB C – C&B no terço coronal; CEB M – C&B no terço médio; CEB AA – C&B no terço apical; U200 C – RelyX U200 no terço coronal; U200 M – RelyX U200 no terço médio; U200 A – RelyX U200 no terço apical	83

Gráfico 3 – Resultado da análise do modo de fratura para avaliação no terço de acesso ao conduto, onde 1) adesiva entre a dentina e o cimento; 2) adesiva entre o pino e o cimento; 3) mista; 4) coesiva no pino. Legenda inferior refere ao cimento e ao nível de acesso ao conduto, onde ARC C – RelyX ARC no terço coronal; ARC M – RelyX ARC no terço médio; ARC A – RelyX ARC no terço apical; CEB C – C&B no terço coronal; CEB M – C&B no terço médio; CEB AA – C&B no terço apical; U200 C – RelyX U200 no terço coronal; U200 M – RelyX U200 no terço médio; U200 A – RelyX U200 no terço apical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 Substrato dentinário radicular	24
2.1.1 Morfologia da dentina radicular.....	24
2.1.2 Relação entre densidade de túbulos dentinários e sistemas adesivos com a resistência de união.....	28
2.1.3 Dentina bovina x dentina humana	32
2.1.4 Efeito do tratamento endodôntico	35
2.1.5 Fator de configuração cavitária.....	37
2.2 Cimentação adesiva de pinos de fibra.....	39
2.3 Desempenho clínico dos pinos de fibra	62
3 OBJETIVOS	65
3.1 Objetivo geral:	65
3.2 Objetivos específicos:	65
4 HIPÓTESES	66
5 MATERIAIS E MÉTODOS	67
5.1 Desenho do estudo	67
5.2 Obtenção dos espécimes.....	67
5.3 Tratamento endodôntico	69
5.4 Preparo do espaço para cimentação dos pinos	69
5.5 Alocação dos tratamentos	70
5.6 Cimentação dos pinos.....	72
5.7 Ensaio mecânico.....	73
5.8 Análise do modo de fratura	77
5.9 Microscopia eletrônica de varredura.....	77
5.10 Análise estatística	78
6 RESULTADOS	81
6.1 Resistência de união.....	81
6.2 Análise do modo de fratura	82
6.3 Microscopia eletrônica de varredura (mev).....	84
7 DISCUSSÃO	87
8 CONCLUSÃO	94
REFERÊNCIAS	95
PRODUÇÃO INTELECTUAL DESENVOLVIDA DURANTE O CURSO	103
ANEXOS	105

1 INTRODUÇÃO

Em algumas situações clínicas, dentes tratados endodonticamente necessitam de uma retenção adicional no conduto radicular para possibilitar a restauração coronária final do elemento dental (CHEUNG, 2005). Para tal, são utilizados os sistemas de núcleos e pinos radiculares. O advento dos sistemas de cimentos resinosos e o desenvolvimento dos sistemas de pinos radiculares de fibra possibilitaram a cimentação adesiva de pinos ao interior dos condutos. Devido à sua composição química, os pinos de fibra de vidro apresentam boa resistência de união aos cimentos resinosos (ARTOPOULOU *et al.*, 2006; BALBOSH e KERN, 2006; BITTER *et al.*, 2006a; BONFANTE *et al.*, 2007; OHLMANN *et al.*, 2008; NAUMANN *et al.*, 2008; PEREIRA *et al.*, 2014). Quando comparados aos pinos metálicos, os pinos de fibra de vidro apresentam, como vantagens, um padrão mais homogêneo na distribuição de tensões à raiz do dente e também um módulo de elasticidade semelhante ao da dentina (PEGORETTI *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2009).

Autores já relataram um desempenho clínico favorável de sistemas de pinos de fibra cimentados com resinas ao conduto radicular (BOLLA *et al.*, 2007; SIGNORE *et al.*, 2009; THEODOSOPOULOU e CHOCHLIDAKIS 2009; STERZENBACH *et al.*, 2012). No entanto, a cimentação de um pino com cimento resinoso deve ser realizada criteriosamente, uma vez que esse procedimento requer uma técnica minuciosa (CHEUNG, 2005). É importante salientar que, antes da cimentação desses pinos, os dentes receberam um tratamento endodôntico, o qual utiliza produtos que podem influenciar na qualidade da adesão (SCHWARTZ, *et al.*, 1998; MUNIZ e MATHIAS, 2005; BALDISSARA *et al.*, 2006), principalmente os resíduos provenientes da obturação do conduto radicular, compostos por restos de guta-percha, cimentos endodônticos e resíduos dentinários. Esses produtos obliteram os túbulos dentinários, em especial aqueles localizados nas porções mais profundas do conduto (SERAFINO *et al.*, 2004). A profundidade é também um fator que dificulta o preparo do substrato e o acesso da luz para a ativação da polimerização dos sistemas resinosos, em toda a extensão do conduto. Mesmo com a utilização de pinos translúcidos, a capacidade de transmissão da luz é insuficiente para ativação física da polimerização de cimentos resinosos (MORGAN *et al.*, 2008; GALHANO *et*

al., 2008; GORACCI *et al.*, 2008). Cimentos resinosos de dupla presa são dependentes de fotoativação para alcançar os melhores padrões de conversão dos monômeros (BRAGA *et al.*, 2002; OHLMANN *et al.*, 2008). Além disso, em diferentes profundidades da raiz, a densidade e o diâmetro dos túbulos dentinários variam, sendo a porção mais apical aquela que tem menor quantidade e diâmetro de túbulos (FERRARI *et al.*, 2000a; MANNOCCI *et al.*, 2004; MALYK *et al.*, 2010). Bitter *et al.* 2009 demonstraram que a quantidade de *tags* de resina formados nos túbulos dentinários não é diretamente proporcional à resistência de união. Além disso, a menor densidade de túbulos na dentina coronária mostrou-se associada a melhores padrões de adesão (GIANINI *et al.*, 2001; TOBA *et al.*, 2003; LOPES *et al.*, 2006).

Alguns desses fatores explicam, ao menos em parte, as observações de que a adesão de cimentos resinosos é menor no terço mais apical da raiz (GORACCI *et al.*, 2004; KALKAN *et al.*, 2006; BONFANTE *et al.*, 2008; ONAY *et al.*, 2009; MONTANARI *et al.*, 2011), embora alguns autores não tenham observado diferenças significativas na resistência de união em diferentes partes do conduto radicular (FOXTON *et al.*, 2005; BITTER *et al.*, 2009; GIACHETTI *et al.*, 2011).

Sabe-se que a fotoativação do cimento resinoso, ao longo de todo o conduto, não é clinicamente possível. Sob condição experimental hipotética, a incidência de luz diretamente no terço apical do conduto não afetou a resistência de união do cimento resinoso autoadesivo à dentina apical. Entretanto, sob as mesmas condições, a fotoativação diretamente no terço apical aumentou a resistência de união de um sistema de cimentação convencional de três passos (DALERPANE *et al.*, 2014). O tipo de sistema de cimentação utilizado, a profundidade do conduto, a morfologia da dentina radicular nas diferentes profundidades e a fotoativação do sistema resinoso são fatores que podem influenciar a resistência de união de pinos cimentados ao conduto radicular. No presente estudo, o modelo experimental proposto considerou a condição hipotética ideal de incidência direta da luz nos diferentes terços radiculares, para avaliar seu efeito na resistência de união ao longo do conduto, permitindo a comparação com um grupo controle que não necessita de luz para ativação da polimerização.

Considerando que a descimentação é uma das principais causas de falha encontrada na avaliação do desempenho clínico de pinos intraradiculares (FERRARI *et al.*, 2000b; BOLLA *et al.*, 2007; THEODOSOPOULOU e CHOCHLIDAKIS, 2009; SOARES *et al.*, 2012b; NAUMANN *et al.*, 2012), este estudo *in vitro* se propôs a avaliar o efeito de diferentes sistemas resinosos e do nível de acesso ao conduto sobre a resistência de união de pinos de fibra de vidro cimentados ao conduto radicular. A investigação de materiais e técnicas disponíveis para aperfeiçoar os resultados desse procedimento pode adicionar vantagens àquelas já reconhecidas como: propriedades mecânicas semelhantes às da dentina, estética, tempo clínico reduzido para sua confecção e redução de custos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O sucesso do tratamento de dentes com doenças pulpares não se restringe apenas ao sucesso no tratamento endodôntico, mas também a uma correta terapia restauradora. Em muitas situações clínicas, é necessário o uso de pinos para reter as restaurações. Durante muitos anos, os sistemas de núcleos metálicos fundidos foram os sistemas mais utilizados, e ainda hoje são muito indicados para dentes com grandes destruições coronárias. Porém, esses sistemas de pinos apresentam algumas desvantagens: são muito rígidos, apresentam um alto módulo de elasticidade e geram uma alta tensão às paredes do conduto (CHEUNG, 2005). Análises pelo método de elementos finitos indicam que pinos de fibra de vidro apresentam padrão mais homogêneo na distribuição das tensões à raiz do dente, quando comparados aos pinos metálicos (PEGORETTI *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2009).

Os pinos de fibra de vidro são cimentados, principalmente com sistemas de cimentos resinosos, os quais têm união tanto à dentina quanto ao pino (ARTOPOULOU *et al.*, 2006; BALBOSH e KERN, 2006; BITTER *et al.*, 2006a; BONFANTE *et al.*, 2007; OHLMANN *et al.*, 2008; NAUMANN *et al.*, 2008). Entretanto, questiona-se se a união adesiva entre o complexo pino/sistema de cimentação resinoso/dentina é um fator primordial à cimentação ou se um sistema não-resinoso poderia ser empregado com sucesso na cimentação de pinos de fibra pré-fabricados.

Bonfante *et al.*, em 2007, verificaram se alguns cimentos de ionômero de vidro apresentavam desempenho semelhante a cimentos resinosos utilizados para cimentação de pinos de fibra de vidro. Foram utilizadas 40 raízes de pré-molares inferiores, que tiveram os seus condutos endodonticamente tratados e preparados para receber o pino de fibra de vidro Reforpost nº2 (Angelus). O preparo foi realizado com broca de Largo nº4, com comprimento de 10mm. As raízes foram divididas em 4 grupos, de acordo com o cimento utilizado, sendo: Grupo 1 - cimento de ionômero de vidro modificado por resina, RelyX Luting (3M ESPE); Grupo 2 – cimento de ionômero de vidro modificado por resina, Fuji Plus (GC America); Grupo 3 – cimento resinoso, RelyX ARC com Scotchbond Multi-Purpose Plus (SBMP) (3M ESPE);

Grupo 4 – cimento resinoso, Enforce (Dentsply) com SBMP. Esses materiais foram usados segundo as instruções dos fabricantes. Para o uso com os cimentos resinosos, os pinos foram primeiramente silanizados (Scotchbond Ceramic Primer, 3M ESPE). A resistência de união dos pinos aos condutos radiculares foi testada em ensaio mecânico de *pull-out* e os espécimes foram avaliados para classificar o padrão de fratura. Observou-se que os cimentos resinosos foram semelhantes entre si e ambos apresentaram valores de resistência de união superiores aos cimentos de ionômero de vidro. Foi observado um predomínio de fraturas adesivas na interface sistema de cimentação/dentina radicular, com exceção do RelyX Luting, no qual houve predomínio de fraturas coesivas. Este estudo reforça o conceito de que os cimentos resinosos são os mais indicados para a cimentação de pinos de fibra de vidro.

Naumann *et al.*, em 2008, realizaram um estudo *in vitro* para determinar a importância da cimentação adesiva de pinos de fibra de vidro ao conduto radicular. Foram utilizados 40 dentes humanos, os quais receberam tratamento endodôntico. Pinos de fibra de vidro (Fiberpoints Root Pins Glass, Shuetz-Dental) foram cimentados aos condutos radiculares e, em seguida, núcleos de preenchimento em resina foram confeccionados e coroas de porcelana foram cimentadas. Os grupos ficaram compostos pelas seguintes combinações de cimentos e materiais para o núcleo: 1- RelyX Unicem (3M ESPE)/Clearfil Core (Kuraray), 2- RelyX Unicem/LuxaCore (DMG), 3- cimento fosfato de zinco/Clearfil Core e 4- LuxaCore/Clearfil Core. Após a cimentação, todos os grupos receberam coroas de porcelana e foram submetidos a ciclos térmicos e mecânicos, antes da realização de teste para determinar a carga máxima suportada até a falha. Os resultados demonstraram que 60% dos dentes cimentados com cimento fosfato de zinco falharam durante os ciclos térmicos e mecânicos, demonstrando que esse é menos confiável que um sistema de cimentação resinoso, quando submetidos à simulação de cinco anos de função. Nos grupos com sistemas de cimentos resinosos também ocorreram falhas durante o carregamento cíclico, sendo que os grupos 2 e 4 mostraram 30% e 20% de falhas, respectivamente. O grupo 1, além de não ter apresentado falhas preliminares, suportou a maior força máxima média em comparação aos demais grupos. Concluiu-se que o cimento fosfato de zinco não é

uma boa opção para cimentação de pinos de fibra e que a adesividade dos sistemas de cimentos resinosos é primordial para o sucesso na cimentação desses pinos.

Pereira *et al.*, em 2014, estudaram a influência de cimentos resinosos e cimentos de ionômero de vidro modificados por resina na cimentação de pinos de fibra de vidro à dentina radicular. Foram utilizados 70 dentes caninos humanos, cujas raízes foram seccionadas com comprimento de 15mm. O tratamento endodôntico foi realizado sob irrigação com hipoclorito de sódio e EDTA, e os canais foram obturados com Sealer 26. Em seguida, as raízes foram armazenadas por uma semana, em 100% de umidade, os canais foram preparados para receber o sistema de pinos Whitepost n^o.2, com 10mm, e irrigados com solução salina. Antes da cimentação, os pinos foram limpos com álcool etílico 95%. Os cimentos utilizados foram: RelyX Unicem, Biscem Luting 2, RelyX ARC, Panavia F, Enforce e Allcem. Todos os cimentos foram utilizados conforme orientação dos fabricantes. Os cimentos RelyX Luting, RelyX ARC, Panavia F, Enforce e Allcem, foram introduzidos no conduto com auxílio de broca lentulo. RelyX Unicem e Biscem foram inseridos com dispositivos próprios fornecidos pelos fabricantes. Os cimentos resinosos foram fotoativados por 40seg e, após armazenamento por 24h a 37°C, o teste de *pull-out* foi realizado para determinar a resistência de união dos pinos ao conduto. Os cimentos RelyX Unicem, Biscem, RelyX ARC, Panavia F e Allcem apresentaram resultados semelhantes e superiores a Enforce e RelyX Luting 2. Os cimentos resinosos estudados foram adequados e apresentaram uma resistência de união superior ao cimento de ionômero de vidro modificado por resina.

No que diz respeito à cimentação adesiva desses pinos à estrutura dental, existem diferentes variáveis a serem consideradas, dentre elas: as condições do substrato, o pino que será utilizado e o sistema de cimentação resinoso.

2.1 Substrato dentinário radicular

2.1.1 Morfologia da dentina radicular

A dentina radicular apresenta características histológicas distintas que podem influenciar, de maneira direta, na resistência de união dos materiais resinosos ao substrato. Ao longo do conduto radicular, a morfologia da dentina sofre modificações no que se refere à quantidade, direção e distribuição dos túbulos dentinários (FERRARI *et al.*, 2000a;; MANNOCCI *et al.*, 2004; BITTER *et al.*, 2009; MALYK *et al.*, 2010)

Ferrari *et al.*, em 2000a, estudaram as características morfológicas do substrato dentinário radicular que foi utilizado para cimentação adesiva de pinos. Foram utilizados 30 dentes humanos uniradiculares, cujas coroas foram seccionadas na junção cimento-esmalte (JCE) e então divididos em três grupos, de acordo com objetivo a ser avaliado. No grupo 1 (n=10), estudou-se as características morfológicas depois do tratamento endodôntico e preparo do conduto, anterior ao condicionamento ácido; no grupo 2 (n=10) estudou-se a morfologia tubular depois do condicionamento ácido da dentina. Em ambos os grupos, as observações foram feitas em MEV, com aumento de 1000x, observando os terços radiculares. No grupo três (n=10), avaliou-se a interação de um sistema de cimentação resinoso (All Bond 2 /C&B - Bisco), com as paredes do conduto, observando a espessura de camada híbrida, a formação de *tags* de resina e a infiltração do adesivo nas ramificações. Após à cimentação dos pinos, os espécimes foram seccionados no longo eixo do dente no sentido mesio-distal. Para avaliar a camada híbrida, na primeira metade, os espécimes foram condicionados com ácido fosfórico 32% por 15seg, lavados e secados com leve jato de ar e imersos em hipoclorito de sódio 1% por 60seg. Para avaliar a formação de *tags* de resina e infiltração de adesivo em canais colaterais, a segunda metade foi mantida em solução de HCl 37% por 24 horas, dissolvendo todo o substrato dental. Em seguida, os espécimes foram desidratados e metalizados para visualização em MEV. Observou-se que a densidade de túbulos é maior na porção coronária, reduzindo para a porção apical do conduto. As seguintes médias foram obtidas: terço coronário = 36.350/mm²; terço médio = 28.130/mm²; terço apical = 22.630/mm². O diâmetro dos túbulos é maior nas porções coronária e média,

reduzindo para apical. O condicionamento ácido aumentou o diâmetro dos túbulos (de 2,5µm para 3,5µm nas porções coronária e média; de 2,0µm para 3,0 µm, na porção apical). Observou-se uma redução da espessura de camada híbrida da porção coronária para apical. Na porção apical, observou-se uma camada híbrida mais fina e *tags* regulares. A infiltração de adesivo em canais colaterais foi observada apenas nas porções coronal e média.

Mannocci *et al.*, em 2004, estudaram a dentina radicular, relacionando a contagem dos túbulos dentinários nas diferentes porções da raiz com a resistência à tração da raiz. Foram usados dez dentes humanos para confeccionar espécimes cilíndricos, nos quais a dentina bucal foi preparada com brocas. Depois do preparo, a raiz foi dividida em dois grupos, sendo um grupo da dentina coronal e o outro da dentina médio-apical. Os espécimes foram então preparados para o teste de tração. Depois do registro da resistência à fratura, fotomicrografias (1500x) dos espécimes foram avaliadas para realizar a contagem dos túbulos dentinários nas diferentes porções da raiz. A média de túbulos dentinários no terço coronal foi de 23.931/mm² e na porção médio-apical foi de 17.615/mm². A resistência à tração na porção coronal foi menor que a da porção médio-apical. Demonstrou-se que a resistência da estrutura radicular é inversamente proporcional à quantidade de túbulos dentinários.

Diante do conhecimento de que a morfologia do tecido dentinário difere em função da profundidade do conduto radicular, alguns estudos investigaram a interação de sistemas adesivos com o tecido dentinário em diferentes profundidades do conduto radicular.

Bitter *et al.*, em 2009, analisaram as características morfológicas da interface resina/dentina de cinco sistemas de cimentação quanto à espessura de camada híbrida, penetração de adesivo e números de *tags* de resina fraturados. Além disso, investigaram a resistência de união por meio de teste de *push-out* e identificaram sua relação com as características morfológicas da interface resina/dentina. Foram utilizados 50 incisivos centrais superiores humanos, dos quais foi removida a coroa, na JCE. Todos os dentes foram endodonticamente tratados, obturados com cimento resinoso AH Plus (Dentsply) e guta-percha, divididos em cinco grupos (n=10) e armazenados por 24 horas em água. Foi realizado o preparo dos condutos para

receber os pinos FRC Postec Plus (Ivoclar-Vivadent), com profundidade de 12mm e, ao final do preparo, foi usada solução de clorexidina 0,2% como irrigante. Foram utilizados cinco sistemas cimentantes: Panavia F 2.0; PermaFlo DC; Variolink II; RelyX Unicem; Clearfil Core. Antes de sua aplicação, o sistema adesivo foi marcado com fluoresceína sódica a 0,1%. Para os materiais que necessitam de condicionamento ácido prévio, esse foi realizado por 15seg, seguido de lavagem e secagem com cone de papel absorvente. O cimento resinoso foi marcado com isotiocianato de rodamina 0,1%. O cimento foi manipulado e aplicado sobre o pino e na entrada do conduto. O pino foi introduzido e os excessos foram removidos. Para os cimentos duais, foi feita aplicação de Oxiguard, seguida de fotoativação por 30seg com luz halógena e armazenamento em 100% de umidade por 24 horas. Em seguida, as raízes foram cortadas em três fatias de 2mm cada, representando os terços radiculares (coronal, médio e apical), sendo o primeiro a 2 mm da JCE. Por meio de Microscopia Conofocal a Laser, foram determinados a espessura média da camada híbrida, o número de túbulos penetrados e a profundidade de penetração. O número de *tags* de resina fraturados foi contado. A força máxima para deslocar o pino foi determinada pelo teste de *push-out* em fatias de 1mm de espessura. Depois do ensaio mecânico, os espécimes foram avaliados em microscopia óptica com aumento de 40x para determinar o tipo de fratura ocorrido, sendo: 1 – fratura adesiva pino/cimento; 2 - fratura adesiva dentina/cimento; 3 – fratura mista; 4- fratura coesiva no pino. Espécimes representativos foram avaliados em Microscopia Confocal a Laser. Observou-se que RelyX Unicem teve maior resistência de união que Clearfil Core e Panavia F 2.0. PermaFlo DC e Variolink II apresentaram os menores valores de resistência de união. PermaFlo DC apresentou a maior espessura de camada híbrida, seguido de Variolink e Clearfil Core, cujas camadas híbridas foram maiores que a do Panavia F 2.0. RelyX Unicem apresentou a menor espessura de camada híbrida. O número de túbulos penetrados foi maior para Variolink II e Clearfil Core seguido pelo Panavia F 2.0 e PermaFlo DC. RelyX Unicem mostrou a menor quantidade de túbulos penetrados. PermaFlo DC e Variolink II foram os que apresentaram maior quantidade de *tags* fraturados, seguido do Clearfil Core. Para Panavia F 2.0 e RelyX Unicem, não foram encontrados *tags* de resina fraturados. Concluiu-se que o tipo de cimento utilizado influenciou na resistência de união do pino ao conduto, porém as profundidades estudadas não influenciaram os resultados. A fratura predominantemente observada foi entre a dentina radicular e o

sistema de cimentação. Os sistemas que necessitam de condicionamento ácido prévio do tecido dentinário apresentaram uma camada híbrida mais uniforme e maior penetração do adesivo nos túbulos dentinários, porém com maior número de *tags* fraturados e menor resistência de união que o cimento autoadesivo, que não necessita de nenhum tratamento dentinário prévio.

Malyk *et al.*, em 2010, relacionaram a presença de *tags* formados por diferentes sistemas adesivos e a densidade de túbulos dentinários nos terço coronal, médio e apical. Foram utilizados 30 pré-molares inferiores, cujas raízes foram separadas das coroas, obtendo espécimes com 12mm. Os dentes foram instrumentados endodonticamente, sob irrigação com NaOCl 1%. Não foi realizada a obturação endodôntica. Os espécimes foram divididos em seis grupos com cinco raízes cada. O preparo do conduto para receber a cimentação do pino foi realizada com brocas fornecidas pelo sistema (VDW, Munich, Germany) com o comprimento de 11mm e irrigação com NaOCl 1%. Ao final do preparo, foi feita irrigação com EDTA 9% por um minuto e limpeza da dentina com NaCl 0,9% por mais um minuto. A aplicação do adesivo foi realizada conforme orientação dos fabricantes e seguiu a natureza química dos mesmos: sistemas adesivos que necessitam de condicionamento ácido prévio (XP Bond e XP Bond/Self Cure Activator, Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) e sistemas autocondicionantes (AdheSe Primer/AdheSe Bond, AdheSe/AdheSe DC Activator, Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenstein; Hybrid Bond, Hybrid Bond/Hybrid Brushes, Sun Medical, Shiga, Japan). Um agente fluorescente (Isotiocinato de Rodamina B 0,1%) foi misturado ao sistema adesivo para posterior avaliação em microscopia confocal a laser. O sistema adesivo foi aplicado ao conduto com *microbrush* e o excesso foi removido com cones de papel absorvente. O cimento dual Calibra Esthetic Resin foi utilizado em todos os grupos, sendo aplicado com broca Lentulo. Em seguida, o pino foi introduzido no conduto, aguardou-se cinco minutos e realizou-se fotoativação por 20seg. Depois da armazenagem por 24 horas, em 100% de umidade a 37°C, foram obtidos, de cada raiz, três espécimes de 1mm de espessura, sendo o corte coronal a 9 mm, o médio a 6 mm e o apical a 3 mm do ápice. Os espécimes foram polidos e avaliados em Microscópio Confocal a Laser, para determinar a densidade, profundidade e quantidade de *tags* de resina e quantidade de túbulos dentinários nas porções coronal, média e apical, em quatro regiões (bucal, lingual, mesial e distal). A

densidade de túbulos dentinários reduziu de coronal para apical, sendo que o número de túbulos em coronal foi de $37.985/\text{mm}^2$, reduzindo para $26.042/\text{mm}^2$ em apical. Os *tags* foram maiores na dentina coronal, reduzindo para a dentina apical. O uso de sistemas de condicionamento ácido prévio resultou em *tags* de resina pequenos, contudo mais densos e completos quando comparados aos sistemas autocondicionantes. O uso do sistema adesivo com ativador melhorou a qualidade dos *tags* em todos os grupos.

2.1.2 Relação entre densidade de túbulos dentinários e sistemas adesivos com a resistência de união

Giannini *et al.*, em 2001, avaliaram a relação entre a densidade tubular e a área de dentina sólida com a resistência de união, por meio de teste de tração, utilizando um sistema adesivo convencional e um adesivo autocondicionante. Para esse trabalho, foram usados terceiros molares humanos que tiveram suas coroas seccionadas para expor as dentinas superficial, média e profunda. Os três grupos de dentina receberam a aplicação dos sistemas adesivos Clearfil Liner Bond 2V e Prime & Bond 2.1. Depois da resina ser aderida às superfícies, os espécimes foram estocados em água a 37°C por 24 horas e verticalmente seccionados para obtenção dos palitos para o teste de tração. Os resultados mostraram que houve significativa relação entre densidade tubular e área ocupada pela dentina sólida na resistência adesiva de ambos os sistemas adesivos utilizados. A resistência de união dos sistemas utilizados diminuiu significativamente com o aumento da densidade tubular. Os autores concluíram que a variação na densidade tubular e na área de dentina sólida modifica a resistência de união tanto de adesivos convencionais como de adesivos autocondicionantes, e que regiões com maior área de dentina sólida produzem maiores valores de resistência de união, independentemente do sistema adesivo aplicado.

Toba *et al.*, em 2003, avaliaram a resistência ao microcislamento de dois sistemas adesivos, Single Bond e Clearfil SE Bond, em relação à dentina coronária e à dentina da câmara pulpar. A partir de 30 terceiros molares hígidos, com um disco diamantado, foram obtidas lâminas de 2mm da dentina das duas profundidades. Os

espécimes de cada região dentinária foram divididos em três grupos: grupo 1 – aplicação do adesivo Clearfil SE Bond seguindo as orientações do fabricante; grupo 2 – condicionamento da dentina com ácido fosfórico a 37%, lavagem e secagem por absorção, aplicação do sistema adesivo Single Bond; e, grupo 3 – condicionamento com ácido fosfórico a 37%, lavagem e secagem com ar por 30seg, aplicação do sistema adesivo Single Bond. Em seguida à polimerização do sistema adesivo, foi aplicado o sistema resinoso: para o grupo 1 foi utilizada a resina Clearfil AP-X, para os grupos 2 e 3, utilizou-se a resina Z250. Para os testes de microcisalhamento foi utilizada uma máquina de ensaio universal, à velocidade de 1mm/min. Nos grupos 1 e 2 foi observado que a dentina superficial apresentou uma resistência de união significativamente maior que a dentina no assoalho da câmara pulpar, e nenhuma diferença foi observada entre os dois sistemas. O grupo 3 apresentou resultados inferiores ao demais grupos, para ambas profundidades. Os autores concluíram que a variação na morfologia e estrutura da dentina pode influenciar na resistência da união dos sistemas adesivos, sendo que a dentina com menor quantidade de túbulos apresentou maior resistência de união e que a secagem com ar da dentina reduziu a resistência de união, provavelmente pelo colapso das fibras de colágeno impedindo a penetração do sistema adesivo no tecido dentinário.

Lopes *et al.*, em 2006, avaliaram a resistência ao cisalhamento de três sistemas adesivos simplificados na dentina superficial comparada à profunda. Foram utilizados molares humanos, nos quais foram expostas dentina superficial (n=30) e dentina profunda (n=30), obtida a 3mm da junção esmalte-dentina. Os dentes foram incluídos, polidos e divididos aleatoriamente em três grupos (n=10): Single-Bond, e OptiBond Solo (adesivos de condicionamento total) e Clearfil Liner Bond 2V (adesivo autocondicionante). Os adesivos foram aplicados e sobre eles foi inserida a resina Filtek Z250. A resistência ao cisalhamento foi medida após 24 horas de armazenamento em água a 37°C, em máquina universal de ensaios (Instron) regulada a 5mm/min. Como resultado, não foram encontradas diferenças significativas entre as resistências ao cisalhamento para os diferentes tipos de adesivo; o adesivo Single Bond apresentou resistência de união maior na dentina superficial que na profunda. Os resultados obtidos da dentina profunda demonstraram resistências de união inferiores, com diferenças estatisticamente significativas em relação à dentina superficial, para todos cimentos. Os autores

concluíram que a influência da profundidade da dentina na resistência ao cisalhamento independe da composição específica do adesivo dentinário.

Klein-Júnior *et al.*, em 2008, realizaram um estudo para avaliar o efeito da evaporação dos solventes com ar quente ou frio, na resistência de união por microtração, na nanoinfiltração, no grau de conversão e na taxa de evaporação dos solventes de um sistema à base de água/etanol (Adper Single Bond) e um à base de acetona (Prime & Bond 2.1), ambos sistemas de condicionamento ácido total, de dois passos. Para esse estudo foram utilizados 20 terceiros molares, os quais tiveram a dentina oclusal exposta e polida. Os elementos foram divididos de acordo com o sistema adesivo utilizado: Adper Single Bond (SB-3M ESPE, St. Paul, MN, USA) e Prime & Bond 2.1 (PB–Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany). Após o condicionamento ácido da superfície e secagem, os adesivos foram aplicados e secados por 10seg, usando dois protocolos diferentes para evaporação do solvente (n=5): um com ar quente a 60°C e outro com ar frio 20°C, ambos emitidos pelo mesmo aparelho. Após polimerização do adesivo, foi realizada a reconstrução com resina composta Z250 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA). Após 24h de estocagem em água a 37°C, os espécimes foram seccionados longitudinalmente obtendo-se 25 palitos de cada dente com área aproximada de 0,8mm². A metade dos espécimes foi submetida ao ensaio mecânico de microtração, e o modo de fratura foi avaliado em aumento de 400X. Para determinar o grau de conversão foram utilizados três espécimes de cada grupo, com uma quantidade de 10µl de cada adesivo. Após a evaporação do solvente por 10seg com uma ar quente ou frio e fotoativação por 10seg, foi determinada a quantidade de ligações duplas de carbono não reagentes, usando espectroscopia na região do infra-vermelho por transformada de Fourier (FTIR). Para determinar a taxa de evaporação do solvente, 10µl de adesivo foi usado e em uma balança analítica foi registrada a massa inicial (0,0001mg) e após os tempos de 20seg, 1min, 2min, 3min, 4min e 5min, sem promover evaporação do solvente. O mesmo procedimento foi realizado, após a aplicação do ar quente ou frio, 10seg antes de iniciar a determinação da massa. Para determinar a nanoinfiltração, três ou quatro palitos obtidos de cada espécime foram utilizados. Como resultado do teste de microtração, foi observado que apenas o fator temperatura do ar foi significativo. A evaporação do solvente com ar quente proporcionou resistência de união significativamente maior que o ar frio, para o

sistema SB. Com relação ao modo de fraturas e fraturas prematuras ambos os grupos foram semelhantes e a principal tipo de fratura encontrada foi a mista/adesiva. Para o grau de conversão o único fator com efeito significativo foi o tipo de adesivo. A temperatura de evaporação não afetou o resultado. O sistema SB apresentou maior conversão de monômeros em polímeros que o sistema PB. O uso de uma corrente de ar proporcionou maior perda de massa para ambos os sistemas adesivos, porém apenas para o sistema SB a temperatura foi significativa. O uso do ar quente favoreceu a evaporação em comparação ao ar frio. A utilização de ar frio promoveu maior nanoinfiltração comparado ao ar quente. Esses resultados reforçam a hipótese de que quanto mais eficiente a evaporação do solvente maior será a resistência de união.

Luque-Martinez *et al.*, em 2014, compararam a resistência de união por microtração e a nanoinfiltração de três sistemas adesivos, utilizando diferentes tempos de evaporação. Para esse estudo foram utilizados 140 terceiros molares humanos hígidos. A dentina da superfície oclusal de todos os dentes foi exposta e polida. Os dentes foram randomicamente divididos em 20 grupos (n=7) de acordo com o tempo de evaporação dos solventes e três sistemas adesivos: All-Bond Universal (ABU – Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA); Prime&Bond Elect (PBE – Dentsply Caulk, Milford, DE, USA); and Scotchbond Universal Adhesive (SBU – 3 M ESPE, St. Paul, MN, USA). Cada sistema adesivo foi aplicado após condicionamento ácido total ou abordagem autocondicionante, com os tempos de evaporação de 5, 15 ou 25seg. Dois grupos adicionais foram alocados para o ABU com tempo de evaporação de 10seg, de acordo com a recomendação do fabricante. A evaporação dos solventes foi realizada com seringa de ar, com pressão de 1bar, ângulo de 45° com a superfície da dentina. As demais etapas de aplicação seguiram as recomendações dos fabricantes. Após os procedimentos adesivos foi realizada reconstrução com resina Z350 em 2 incrementos, fotoativados por 40seg. Após estocagem em água destilada por 24h a 37°C, 100 dentes (n=5), foram seccionados para realização do teste de microtração. Os espécimes foram avaliados em estereomicroscópio, com magnificação de 100x, para determinar o modo de fratura, que foi classificada em coesiva (C), adesiva (A) ou mista (M). Para avaliar a microinfiltração, foram utilizados 40 dentes (n=2). Os resultados demonstraram que o modo de fratura foi predominantemente adesivo. O aumento no tempo de evaporação do solvente de

5seg para 25seg resultou em um aumento na resistência de união por microtração para todos os sistemas adesivos que foram utilizados após condicionamento ácido total. Para os grupos que utilizaram uma estratégia autocondicionante, o tempo de 25seg promoveu maior resistência de união para os sistemas ABU e PBE, quando comparado aos tempos de 10seg para ABU e 5seg para PBE. Para SBU, a evaporação por 15seg promoveu maior resistência de união que a evaporação por 5seg. Os sistemas que utilizaram a técnica de condicionamento ácido total apresentaram maior microinfiltração que os sistemas autocondicionantes. Para os sistemas ABU e PBE, o tempo de evaporação não alterou a microinfiltração. Para SBU, no grupo de condicionamento ácido total, ocorreu uma redução da microinfiltração com o aumento do tempo de evaporação do solvente. Para os sistemas autocondicionantes, não correu diferença estatisticamente significativa para os diferentes tempos. O aumento no tempo de evaporação do solvente proporcionou uma melhora no desempenho dos sistemas adesivos, independente do tipo de solvente utilizado. A volatilização do solvente permitiu um aumento no grau de conversão de monômeros em polímeros. A condição ideal seria a de um sistema adesivo com solvente que fosse completamente volatilizado. Mesmo sendo um sistema adesivo, cujo solvente é a acetona, que é mais volátil que o etanol, PBE apresentou melhores resultados quando o tempo de evaporação foi superior ao recomendado pelo fabricante.

2.1.3 Dentina bovina x dentina humana

Devido à dificuldade de se obter uma grande quantidade de espécimes de dentes humanos semelhantes e à necessidade de encontrar um substituto adequado para o uso em experimentos, autores buscaram comparar as características de dentes humanos com os de outros mamíferos, sendo mais comum a comparação com os dentes bovinos.

Schilke *et al.*, em 2000, compararam o número e o diâmetro dos túbulos dentinários de incisivos centrais bovinos, dentes decíduos e terceiros molares humanos. Foram utilizados 30 terceiros molares humanos, 30 segundos e primeiros molares decíduos e 30 incisivos centrais bovinos. Os dentes foram seccionados na JCE. Para os

dentes bovinos, foram utilizadas as porções coronal e radicular e para os dentes humanos, apenas a porção coronal. Os espécimes foram cortados no sentido méso-distal e a porção vestibular foi preparada para observação em MEV. Para determinar o número de túbulos dentinários por mm^2 foram obtidas imagens de cada espécime com aumento de 500X. Para determinar o diâmetro dos túbulos dentinários foram utilizadas fotomicrografias com aumento de 15.000X, sendo selecionados os túbulos que apresentavam lúmen circular. Como resultado, os pesquisadores encontraram que a densidade de túbulos dentinários na dentina radicular bovina foi superior à da dentina humana decídua, à da dentina humana permanente e da dentina coronal bovina. Não foi observada diferença na densidade de túbulos da dentina coronal bovina e humana decídua ou permanente. O diâmetro dos túbulos dentinários bovinos foi relativamente maior, porém nenhuma diferença estatística foi encontrada entre os espécimes estudados. Esses achados demonstram que, para a dentina coronal, quando realizada uma adequada padronização dos espécimes, os dentes bovinos podem ser um substituto adequado, visto que não foram encontradas diferenças na densidade de túbulos dentinários nem em seu diâmetro. A densidade de túbulos da dentina radicular bovina foi significativamente maior que a coronária, porém a comparação não foi feita entre raízes de dentes bovinos e humanos.

Camargo *et al*, em 2007, avaliaram o número e o diâmetro dos túbulos dentinários dos canais radiculares nos terços coronal, médio e apical de raízes de dentes humanos e bovinos. Foram utilizados 24 pré-molares humanos uniradiculares divididos em quatro grupos (n=6): GH1 – 10 a 15 anos, GH2 – 16 a 30 anos, GH3 – 31 a 45 anos e GH4 – 46 a 80 anos e 24 dentes incisivos bovinos extraídos de animais com aproximadamente 3 anos, divididos em quatro grupos (n=6): GB1 incisivos centrais, GB2 – primeiros incisivos laterais, GB3 – segundos incisivos laterais e GB4 – terceiros incisivos laterais. Os espécimes foram seccionados na JCE, o tecido pulpar foi removido com limas e abundante irrigação com água para remoção de detritos. O alargamento dos canais foi realizado com limas Hedstroem, passando três limas a partir do instrumento inicial para cada canal. Os espécimes foram então seccionados no sentido vestibulo-lingual, limpos em ultrassom por 5min e lavados com EDTA por 3min, após enxaguados com água destilada por 1min e secos. Os espécimes foram preparados para MEV, o número de túbulos foi determinado em uma área de $10.000\mu\text{m}^2$, em cada terço, a partir de

fotomicrografias, com aumento de 1000X. Para determinar o diâmetro dos túbulos foram obtidas fotomicrografias com aumento de 5000X. As imagens foram analisadas com o auxílio do programa Imagem Tool 3.0. Os dentes humanos não diferiram entre si com relação à idade e os dentes bovinos não diferiram entre si com relação ao tipo. Para dentes humanos e bovinos, foi observado um maior número de túbulos na porção mais coronal da raiz em comparação com os terços médio e apical. Os dentes bovinos apresentam uma quantidade maior de túbulos dentinários que os dentes humanos, porém não foi observada diferença no diâmetro dos túbulos entre os dois grupos.

Mattos *et al*, em 2008, realizaram uma revisão da literatura, avaliando os estudos que compararam os dentes bovinos como um possível substituto aos dentes humanos. Foram incluídos artigos que comparavam dentes humanos aos bovinos nos seguintes aspectos: análise microestrutural, microinfiltração marginal, resistência de união. Foram encontrados estudos que demonstravam similaridades no número e diâmetro dos túbulos dentinários de dentes bovinos e humanos, porém diferenças microestruturais foram observadas. Com relação à microinfiltração marginal e resistência de união, existe um limitado número de estudos e dificuldade de padronização dos mesmos. Observou-se que diferentes tipos de sistemas adesivos podem modificar os resultados. Os autores concluem que o esmalte bovino pode ser um substituto adequado para o esmalte humano em alguns ensaios de resistência de união. Porém, a utilização da dentina dos dentes bovinos, para os testes de adesão e microinfiltração em substituição à dentina dos dentes humanos decíduos e permanentes, deve ser vista com cautela, pois, quando utilizada em incidências e profundidades aleatórias, pode alterar os resultados nos testes. Os estudos abordados nessa revisão, em sua maioria, tratam das características do substrato dentinário coronário, sendo a porção radicular pouco destacada.

2.1.4 Efeito do tratamento endodôntico

Burns *et al.*, em 2000, verificaram a influência dos cimentos endodônticos sobre os agentes cimentantes resinosos. Utilizaram dentes humanos recentemente extraídos, desinfetados com NaOCl 5,25% por oito horas, os quais tiveram as coroas separadas das raízes, que receberam tratamento endodôntico com irrigação com NaOCl 5,25%. Depois do preparo, foram divididos em três grupos: G1 não recebeu nenhum tipo de obturação endodôntica (controle); G2 obturação pela técnica da condensação lateral, utilizando guta percha e um cimento à base de eugenol; G3 cimento endodôntico à base de hidróxido de cálcio. Para os grupos 2 e 3, a guta percha foi removida com instrumentos aquecidos e os condutos foram preparados com 7 mm de profundidade para receber o sistema de pinos Para-post de 1,25 mm de diâmetro. O cimento Panavia 21 foi utilizado para a cimentação em todos os grupos e foi aplicado de acordo com as recomendações do fabricante. Em seguida, os espécimes foram armazenados em água por 24 horas. A força para o deslocamento do pino sob tração foi registrada em uma máquina de ensaio universal. Os resultados demonstraram não existir diferenças entre os grupos e a principal fratura ocorreu na interface sistema cimentante/dentina.

Após o preparo do espaço para receber o pino, a superfície das paredes do conduto pode ainda apresentar detritos. Serafino, *et al.*, 2004, utilizaram 40 dentes humanos divididos em quatro grupos, de acordo com a forma de irrigação e obturação, sendo: Grupo A – irrigação com 3ml de hipoclorito de sódio a 5,25% e obturação com condensação lateral fria; Grupo B – irrigação com hipoclorito de sódio 5,25% e EDTA 10% e obturação com condensação lateral fria; Grupo C – irrigação com 3ml de hipoclorito de sódio a 5,25% e obturação com condensação vertical quente; Grupo D – irrigação com hipoclorito de sódio e EDTA 10% e obturação com condensação vertical quente. Imediatamente após o tratamento endodôntico e preparo para receber os pinos, foram feitos cortes no sentido mesio-distal para avaliar, em MEV, a presença de detritos, restos de dentina, restos de cimento e guta-pecha no interior dos túbulos dentinários. As técnicas de condensação não influenciaram na presença de detritos. O terço apical do conduto foi a porção que apresentou maior concentração de detritos, diminuindo nas porções média e coronal, a qual apresentou concentrações pequenas ou quase inexistentes.

Menezes *et al.*, em 2008, avaliaram a influência dos cimentos endodônticos na resistência de união de pinos cimentados em dois momentos diferentes (imediate e 7 dias após a obturação). Foram utilizados 60 dentes bovinos, cujas raízes foram padronizadas com 15 mm, que foram endodonticamente instrumentadas e divididas em cinco grupos: Grupo 1 – controle, sem obturação endodôntica; Grupo 2 – obturação com o cimento endodontico Sealer 26 (cimento a base de hidróxido de cálcio) e cimentação imediata do pino; Grupo 3 – obturação com o cimento endodôntico Sealer 26 e cimentação dos pinos após sete dias de armazenagem; Grupo 4 – obturação com cimento Endofill (cimento a base de óxido de zinco e eugenol) e cimentação imediata do pino ; Grupo 5 – obturação com o cimento Endofill e cimentação do pino após sete dias. Os preparos e a cimentação dos pinos foram similares para todos os grupos, sendo utilizada a combinação do sistema adesivo SBMP (primer e adesivo) e cimento resinoso RelyX ARC (3M ESPE). Em seguida, as raízes foram armazenadas por 24 horas, a 37°C, em água destilada. Para determinar a resistência de união foi realizado o teste de *push-out* em seis fatias de cada raiz (1mm de espessura), sendo duas fatias representativas de cada terço radicular. Observou-se que os cimentos endodônticos contendo eugenol produziram uma redução na resistência de união, quando comparados ao grupo controle e aos grupos que utilizaram o cimento à base de hidróxido de cálcio. Porém, essa redução não foi significativa para os terços médio e coronal da raiz, quando a cimentação adesiva do pino ocorreu sete dias depois da obturação do conduto. Todavia, o terço mais apical da raiz ainda manteve resistência de união baixa. Quando essa porção foi analisada em MEV, observou-se que havia lacunas entre o sistema cimentante e a dentina, provavelmente devido à inibição da polimerização gerada pela presença de remanescentes de eugenol no tecido dentinário.

Cecchin *et al.*, em 2011, avaliaram o efeito de diferentes cimentos endodônticos sobre a resistência de união de pinos de fibra de vidro cimentados à dentina radicular. Foram utilizados 50 dentes caninos superiores, cujas coroas foram seccionadas na JCE. Todas as raízes foram endodonticamente tratadas e instrumentadas de forma padronizada. Ao final da instrumentação, as raízes foram divididas em cinco grupos (n=10), de acordo com a obturação endodôntica que iriam receber, sendo: Grupo 1 – controle, obturados apenas guta-percha; Grupo 2 – obturados com cimento endodôntico AH plus (à base de resina); Grupo 3 - obturados

com cimento autocondicionante Epiphany (à base de resina); grupo 4 – obturados com cimento Sealer 26 (à base de hidróxido de cálcio); e grupo 5 – obturados com cimento Endomethasone (à base de óxido de zinco e eugenol). Após o armazenamento por sete dias, em 100% de humidade, a 37°C, os dentes foram preparados para receber os pinos com broca de Largo nº 3, seguido de limpeza do espaço para o pino com solução de digluconato de clorexidina a 0,2% e secagem com cone de papel. RelyX U100 foi manipulado e inserido nos condutos com seringa Centrix, seguido da inserção do pino e fotoativação por 40 seg. As raízes foram armazenadas a 37°C por 24 horas. Uma fatia de cada terço radicular foi obtida para a realização de teste de *push-out*, seguido da avaliação das fraturas em estereomicroscópio, com aumento de 20X. Observou-se que a profundidade do conduto não alterou a resistência de união do cimento à dentina radicular. A obturação com cimento à base de óxido de zinco e eugenol promoveu valores reduzidos em relação a todos os outros grupos que se comportaram de forma estatisticamente similar. O padrão de fratura mais comum foi a fratura mista. Para o cimento à base de óxido de zinco e eugenol, ocorreu um ligeiro aumento nas fraturas adesivas na dentina, isso pode ter ocorrido pela presença do eugenol, criando um elo fraco entre a dentina e o cimento.

2.1.5 Fator de configuração cavitária

Observa-se que o processo de polimerização dos cimentos resinosos gera uma contração, cujas consequências são influenciadas pelo Fator de Configuração Cavitária (Fator C). Bouillaguet *et al.*, em 2003, estudaram a resistência de união de cimentos adesivos ao conduto radicular, com o objetivo de observar a influência do Fator C, do tipo de polimerização e do material cimentante. Foram utilizados 48 dentes humanos extraídos, os quais foram endodonticamente tratados e obturados. Depois de 24 horas, os condutos foram preparados com 8mm de comprimento, com diâmetro apical de 1mm e coronal com 1,7mm. Em seguida, as raízes foram divididas em dois grupos, sendo que no primeiro elas foram mantidas intactas e no segundo elas foram seccionadas longitudinalmente, expondo a superfície preparada do conduto. Pinos foram fabricados com resina composta Z100, e cimentados com: Single Bond/RelyX ARC, ED Primer/Panavia F, C&B Metalobond e Fuji Plus. O uso

dos cimentos foi realizado de acordo com recomendações dos fabricantes. Uma hora depois da cimentação dos pinos, as raízes foram seccionadas perpendicularmente e preparadas para teste de microtração. Observou-se que, nos dentes seccionados, todos os cimentos conferiram uma maior resistência de união quando comparados aos dentes intactos. Para os dentes intactos, a resistência de união utilizando RelyX ARC não apresentou diferença do Panavia F, mas ambas foram inferiores a resistência de união encontrada para o C&B e Fuji Plus. Para os cimentos RelyX ARC e Fuji Plus foi observada uma redução na resistência de união para espécimes obtidos mais próximos do ápice da raiz. Concluíram que a técnica de cimentação adesiva, no interior do conduto radicular, é influenciada pelo Fator C, sendo que o acesso direto ao tecido dentinário radicular, bem como a redução do Fator C nos dentes seccionados, foi capaz de aumentar a resistência de união dos cimentos às paredes do conduto radicular.

Ishikiriama *et al.*, em 2013, avaliaram a influência do volume e do modo de polimerização sobre as forças geradas durante a contração de polimerização de cimentos resinosos. Dois cimentos de ativação dual: Variolink II (VL - Ivoclar Vivadent) e Nexus 3 (NX - Kerr) e dois de ativação química: Multilink (ML - Ivoclar Vivadent) e Cement Post (CP - Angelus) foram inseridos entre duas bases de aço retangulares (6x2 mm) com a possibilidade de ajustar as distâncias em 0,1, 0,3 e 0,5 mm, estabelecendo assim uma variação no volume. Essas bases de aço foram fixadas a uma máquina de teste universal (Emic DL 500, com célula de carga de 50 kg) e as tensões (N) foram registradas por 10 minutos. Os valores máximos de tensões geradas por cada material foram submetidas à análise estatística. VL, NX e CP desenvolveram maiores tensões durante contração de polimerização quando o volume de material aumentou, enquanto ML apresentou o comportamento inverso. Os autores concluíram que maiores volumes aumentam as tensões geradas durante a contração de polimerização, mesmo com redução concomitante do Fator-C. Para se obter um maior alívio das tensões, seria necessário associar uma baixa taxa de geração de tensão em função do tempo associado a um baixo Fator-C.

2.2 Cimentação adesiva de pinos de fibra

Fonseca *et al.*, em 2004, avaliaram a microdureza de cimentos resinosos duais (Scotchbond Resin Cement, Variolink II, Enforce e Panavia F), em função do modo de ativação da polimerização. Eles foram manipulados, inseridos em matrizes com cavidade de 4 mm de diâmetro e 2 mm de altura, sendo um grupo fotoativado e outro deixado sem fotoativação. As avaliações foram feitas em períodos de uma hora, 24 horas e sete dias. Quando fotoativados, os cimentos apresentaram maiores valores de microdureza. O comportamento dos cimentos polimerizados na ausência de luz somente se assemelhou ao dos cimentos fotoativados depois de sete dias. Para todos os grupos testados, ocorreu aumento dos valores da dureza no período de uma hora até sete dias. O cimento Panavia F foi o que, depois desse período, apresentou maior diferença entre o grupo fotoativado e o sem fotoativação, significando que esse cimento parece ser mais dependente de fotoativação que os demais estudados.

Oooka *et al.*, em 2004, compararam diferentes modos de ativação de sistemas adesivos na resistência de união de dois sistemas resinosos duais (Clearfil DC Core/ED PrimerII e Unifil Core/Self-etching Bond). Esses foram combinados com seus respectivos sistemas adesivos e em adição a outros dois sistemas adesivos, sendo um de ativação induzida por luz (Clearfil Mega Bond) e outro de ativação química (Clearfil New Bond). A dentina bovina foi utilizada como substrato para o teste de resistência de união dos sistemas estudados. Os autores variaram o modo de polimerização das resinas duais quando utilizadas com os sistemas adesivos Clearfil Mega Bond e Clearfil New Bond, entre dual e autopolimerizável. Depois de 24 horas de sua utilização, foram feitos ensaios mecânicos para determinar a resistência de união em MPa. Os resultados desse estudo mostraram que o sistema adesivo que é fotoativado apresentou desempenho melhor que o sistema químico. A resina dual, quando fotoativada, apresentou um resultado superior ao de sua utilização na ausência de luz, indicando a influência positiva da fotoativação sobre a resistência de união das resinas duais à dentina.

Goracci *et al.*, em 2004, estudaram o método mais indicado (microtração ou *push-out*) para avaliar a resistência de união de pinos cimentados ao conduto radicular,

nos diferentes terços da raiz. Foram utilizados 30 dentes humanos endodonticamente tratados e preparados com 9 mm para cimentação do pino. Os dentes foram então divididos em dois grupos, de acordo com o sistema de cimentação utilizado: A – Exite DSC/ Variolink II (Ivoclar-Vivadent) e B – RelyX Unicem. Para o Grupo A, foi realizado tratamento da dentina com ácido fosfórico a 37%, seguido de lavagem e secagem do conduto, aplicação do sistema adesivo e remoção dos excessos com cone de papel. O cimento foi aplicado com broca Lentulo, seguido da introdução do pino no conduto e fotoativação por 20seg. Para o Grupo B, nenhum tratamento de superfície dentinária foi realizado. O material foi manipulado e aplicado conforme a orientação do fabricante, porém sem fotoativação do cimento. Cada grupo foi novamente dividido em três grupos, conforme o método de avaliação da resistência de união. Em cada grupo, nove espécimes foram verificados com dois tipos de teste de microtração e seis espécimes foram preparados para teste de *push-out*. Como resultado, os autores encontraram que os testes de microtração apresentaram grande quantidade de falhas pré-teste. Nenhuma falha pré-teste foi observada para o teste de *push-out*. No Grupo A a resistência de união foi maior no terço coronal, havendo uma redução para os terços médio e apical. No grupo B, os valores foram estatisticamente semelhantes ao longo de todo o conduto. Variolink II apresentou maior resistência de união que o RelyX Unicem no terço coronal. Nenhuma diferença foi observada entre os dois cimentos nos terços médio e apical. Concluíram que o teste de *push-out* foi o melhor método para avaliar a resistência de união de pinos cimentados ao conduto, e que o RelyX Unicem apresentou uma união uniforme em todo conduto radicular.

Goracci *et al.*, em 2005, estudaram a resistência de união de pinos cimentados apenas com cimentos resinosos associados a sistemas adesivos convencionais e autocondicionantes. Foram usados 36 dentes humanos, que tiveram as coroas separadas da raiz a 2mm JCE. As raízes foram tratadas endodonticamente usando sistema rotatório. A irrigação dos condutos foi feita com hipoclorito de sódio a 5% e EDTA 17%. A obturação endodôntica foi realizada com guta percha e cimento AH26, seguida de estocagem em água por 24 horas. Cada raiz foi preparada para cimentação do pino FRC Postec, o qual, previamente à cimentação, foi silanizado. Os grupos foram divididos em dois, de acordo com o tipo de cimento, e cada grupo foi novamente dividido em dois subgrupos, de acordo com a preparação da

superfície dentinária (n=6), em: IA – apenas o cimento quimicamente ativado (Panavia 21); IB – sistema adesivo autocondicionante (ED Primer) em associação ao Panavia 21; IIA – apenas o cimento resinoso dual (Variolink II); IIB – sistema adesivo convencional (Excite DSC) em associação ao Variolink II. Para testar a resistência de união ao conduto, foi realizado teste de *push-out*. Depois de 24 horas da cimentação, as raízes foram seccionadas, perpendicularmente, ao longo eixo da raiz, obtendo-se entre 32 e 37 fatias por grupo. Dois espécimes de cada grupo foram preparados para observar infiltração na interface dentina-cimento com microscopia eletrônica de transmissão (MET). Observou-se que a resistência de união não foi afetada pela utilização ou não de sistema adesivo para um mesmo cimento resinoso. O cimento Variolink II apresentou valores de resistência de união superiores ao Panavia 21. Para ambos os grupos, foi evidenciado com MET que, sem o tratamento dentinário prévio, era evidente a presença de smear-layer. Para Panavia 21, a aplicação do primer autocondicionante não foi capaz de remover a smear-layer e criar uma camada híbrida. Para o Variolink II, a aplicação do ácido fosfórico foi mais efetiva na remoção da smear layer, porém com presença de *gaps*. Em áreas onde o condicionamento foi mais efetivo, foi possível observar uma melhor formação de camada híbrida com espessura de quatro a seis micrometros. Entretanto, foram observados *gaps* em sua superfície.

Kalkan *et al.*, em 2006, estudaram a resistência de união de diferentes tipos de pinos cimentados à dentina radicular nos diferentes terços radiculares, em dois momentos. Foram usados 60 dentes humanos, que tiveram as coroas separadas da raiz na JCE. As raízes foram padronizadas em 14mm e tratadas endodonticamente. A irrigação dos condutos foi feita com hipoclorito de sódio a 5,25%. A obturação endodôntica foi realizada com guta percha e cimento AH plus, seguida de estocagem em 100% de umidade, a 37°C, por uma semana. As raízes foram divididas em três grupos (n=20), e preparadas de acordo com indicação do fabricante do tipo de pino utilizado, sendo esses: Snowpost (pino opaco), FiberMaster (pino translucido) e EverStick (pino elétrico). A cimentação foi realizada com Panavia F/Clearfil Liner Bond, sendo o cimento levado ao conduto com auxílio de broca Lentulo. A armazenagem foi realizada em dois tempos, sendo a metade de cada grupo (n=10) armazenada por 24 horas e a outra metade por uma semana. Para testar a resistência de união ao conduto foi realizado teste de *push-out*. Depois da

armazenagem, as raízes foram seccionadas, perpendicularmente, ao longo do eixo da raiz, obtendo-se seis fatias de cada elemento, sendo duas fatias de cada terço radicular. Observou-se que a resistência de união não foi afetada pelo tempo de armazenagem. Os pinos Snowpost e EverStick apresentaram resistência de união superior ao FiberMaster. Para FiberMaster e EverStick, a resistência de união foi maior no terço coronal comparada aos terços médio e apical. Para o SnowPost, a resistência de união no terço coronal foi semelhante ao médio e ambos superiores ao apical.

Bitter *et al.*, em 2006, avaliaram a resistência de união de pinos cimentados à dentina radicular antes e depois da termociclagem. Foram utilizadas 144 raízes de dentes caninos humanos, as quais foram endodonticamente tratadas, obturadas com guta-percha e AH Plus e armazenados por 24 horas, a 37°C, em ambiente úmido. Todas as raízes foram preparadas para receber o pino FRC Postec (Ivoclar-Vivadent) e então divididas em seis grupos, de acordo com o cimento utilizado: Panavia F 2.0, Multilink, Variolink, PermaFlo DC, RelyX Unicem e Clearfil Core. A utilização dos cimentos seguiu as orientações dos fabricantes. Em seguida,, os grupos foram novamente divididos em dois grupos com 12 espécimes. Um grupo foi estocado por 24 horas em água e o outro foi submetido à termociclagem. Para todos os espécimes foi realizado teste de *push-out*, nos diferentes terços radiculares, para obter a resistência de união entre o pino e conduto radicular. O RelyX Unicem apresentou os maiores valores de resistência de união ao conduto, os quais aumentaram com a termociclagem. Panavia F foi o único cimento para o qual a região do conduto influenciou a resistência de união, sendo que o terço apical apresentou valores superiores ao médio e coronal. Foi observado, nesse estudo, que os cimentos resinosos duais apresentaram resistência de união superior aos cimentos autopolimerizáveis. A principal fratura observada foi adesiva entre o pino e a dentina radicular, com exceção ao PermaFlo DC, que apresentou um predomínio de fraturas adesivas entre o cimento e o pino.

Durão Maurício *et al.* (2007) compararam a resistência de união de pinos de fibra de vidro fixados com diferentes cimentos ao conduto radicular, por meio do teste de *push-out*. Foram utilizados 60 dentes humanos, os quais receberam tratamento endodôntico e obturação do conduto com AH-Plus e guta-percha. Após

armazenagem por 24 horas, a 37°C, os dentes foram preparados com 10mm para receber o pino FRC Postec e então divididos em seis grupos (n=10), de acordo com o sistema de cimentação utilizado: Ketac Cem, RelyX Unicem, Varilink/Excite DSC, Panavia F/ED Primer, C&B/All-bond 2 e Multilink/Multilink Primer A e B. A utilização dos cimentos seguiu as recomendações dos fabricantes. Após armazenamento por 24 horas, a 37°C, os espécimes foram preparados para teste de *push-out*. Como resultado, os autores encontraram que Variolink, Multilink e Panavia F apresentaram maiores valores que o C&B. Os valores menores foram encontrados para o RelyX Unicem e Ketac Cem. A resistência de união reduziu de coronal para apical em todos os grupos, com exceção do RelyX Unicem.

Mallmann *et al.*, em 2007, estudaram as diferenças entre o emprego de um sistema adesivo autopolimerizável (SBMP) e um sistema fotoativado (SB) para a cimentação de pinos translúcidos, comparando a resistência de união ao conduto, em diferentes níveis radiculares, por meio de teste de microtração. Foram utilizados 40 dentes humanos, divididos em quatro grupos, variando o modo de ativação dos sistemas adesivos (autopolimerizável ou fotoativado) e o tipo de pino empregado (translúcido ou opaco). Todos os grupos receberam o mesmo tratamento dos pinos e da dentina radicular. Não foi realizado nenhum tratamento endodôntico prévio à cimentação dos pinos. O cimento utilizado foi o RelyX ARC. Não foi encontrada diferença significativa entre os grupos de adesivos e de pinos. Para todos os grupos, a maior resistência de união foi observada no terço coronal, a qual foi significativamente maior que as dos terços médio e apical das raízes, que não diferiram entre si. Os tipos de fraturas encontradas para o SBMP foram, predominantemente, entre o pino e o cimento, enquanto para SB as fraturas foram mais heterogêneas. Assim, concluiu-se que o tipo de pino e o sistema adesivo não influenciaram a resistência de união.

Perdigão *et al.*, em 2007, estudaram os efeitos da espessura da linha de cimentação na resistência de união de pinos cimentados com cimentos resinosos. Foram usados 32 incisivos centrais superiores e caninos humanos, que tiveram as coroas separadas da raiz a 2mm JCE. As raízes foram tratadas endodonticamente, utilizando hipoclorito de sódio como irrigante. A obturação endodôntica foi realizada com guta percha e cimento AH26, seguida de estocagem em 100% de umidade, a

37°C, por sete dias. Cada raiz foi preparada com brocas em baixa rotação com 8mm de comprimento, divididas em quatro grupos (n=7), de acordo com o diâmetro da broca para preparo do conduto, em: 1 – DT #1 (1,64/0,92mm, diâmetro coronal/apical); 2 – DT #2 (1,92/1.05mm); 3 – DT #3 (2,20/1,30mm) e 4 – Gates Glidden #6 (1,40mm). Para todos os grupos, o mesmo pino foi utilizado DT Light Post #1 (Bisco), com diâmetro coronal de 1,50mm e apical 0,90mm. Para a cimentação, foi utilizado o sistema adesivo One-Step Adhesive (Bisco), o qual foi aplicado sobre a superfície condicionada da dentina e fotoativado por 40seg. Foi utilizado o cimento resinoso quimicamente ativado Post Cement Hi-X (Bisco). Depois de ser introduzido no conduto, o pino foi mantido sobre pressão por quatro minutos. As raízes foram estocadas por sete dias, a 37°C, em ausência de luz. Para testar a resistência de união ao conduto, foi realizado teste de *push-out*. As raízes foram seccionadas, perpendicularmente, ao longo do eixo da raiz, obtendo-se fatias de 2mm de cada porção radicular. Dois espécimes de cada grupo foram preparados para observação em MEV. Observou-se que a resistência de união foi semelhante entre os grupos, no entanto, em relação às profundidades do conduto, foi observado que o terço coronal exibiu maiores valores de resistência de união que o terço apical, o terço médio não exibiu diferenças estatísticas em relação ao terço coronal e apical. As imagens obtidas do MEV revelaram a presença de remanescentes de guta-percha na interfase adesiva. Foram observados *tags* de resina longos e abundantes nos terço coronal e médio, porém foram visualizadas áreas deficientes de hibridização, nas quais os adesivos não envolvem as fibras de colágeno expostas pelo condicionamento ácido. *Tags* de resina não foram abundantes no terço apical da raiz, e observaram-se áreas onde não foi formado nenhum *tag* de resina. Concluiu-se, que a espessura da linha de cimentação não influenciou a resistência de união de pinos cimentados à dentina radicular. A resistência diminuiu no terço apical e a presença de guta-percha residual, bem como uma camada híbrida deficiente, pode comprometer a resistência de união de cimentações adesivas no conduto radicular.

Ohlmann *et al.*, em 2008, avaliaram a resistência de união de cimentos resinosos utilizados na cimentação de pinos aos condutos radiculares, variando os tipos de tratamento de superfície, tanto do pino como da dentina. Foram utilizados 216 dentes humanos endodonticamente tratados e obturados com AH-plus e guta-percha. Os elementos foram preparados para cimentação do pino ER Dentin Post

(Komet/Basseler) com 10mm de comprimento e então foram distribuídos em 18 grupos experimentais (n=12). Esses grupos variaram a resina dual para cimentação (Rebilda DC, Voco e Variolink II, Ivoclar-Vivadent), o tratamento de superfície dos pinos (sem tratamento, Rocatec e ácido hidrófluorídrico) e da dentina (sem tratamento de superfície, adesivo de cura dual e adesivo fotoativado). Depois da cimentação, os espécimes foram termociclados e seccionados, obtendo-se fatias com 2mm de espessura, para serem então submetidos ao ensaio mecânico de *push-out*. Observou-se que, para o cimento Variolink, os maiores valores de resistência de união foram registrados quando foi realizada aplicação de ácido fluorídrico em associação com o uso do sistema adesivo fotoativado, seguido do uso do Rocatec em associação ao uso do sistema adesivo dual. Para o Rebilda DC, o Rocatec sem aplicação de sistema adesivo ou com sistema adesivo dual apresentou os maiores valores de resistência. Observou-se também que a resistência de união dos pinos cimentados aos condutos foi reduzida quando o tratamento dentinário com adesivos fotoativados foi realizado, em comparação ao tratamento dentinário com adesivos duais ou sem nenhum adesivo aplicado ao conduto radicular previamente à cimentação. Esse achado pode estar relacionado com o fato de o adesivo não polimerizado atuar como um lubrificante nas paredes do conduto radicular, minimizando o atrito entre o cimento e as paredes do conduto. Os autores concluíram que a utilização do sistema Rocatec em associação com um sistema adesivo dual pode aumentar a resistência de união de pinos ao conduto radicular. Para simplificar os procedimentos clínicos, recomenda-se a utilização da mesma resina para confecção do núcleo de preenchimento (Rebilda DC) e para cimentação dos pinos.

Radovic *et al.*, em 2008, estudaram a resistência de união de pinos cimentados a dentina radicular, utilizando três diferentes tipos de sistemas cimentantes resinosos. Foram usados 42 dentes humanos, que tiveram as coroas separadas da raiz a 1mm da JCE. As raízes foram tratadas endodonticamente. A irrigação dos condutos foi feita com hipoclorito de sódio a 2,5%. A obturação endodôntica foi realizada com guta percha e cimento AH plus pela técnica termoplastificada. As raízes foram divididas em seis grupos experimentais (n=7), variando o pino utilizado e o sistema cimentante, como se segue: 1 – XP Bond/SCA (adesivo convencional/ativador) com Calibra (cimento resinoso dual) e pino RadiX Fiber Post; 2 – XP Bond/SCA com

FluoroCore 2 (resina quimicamente ativada para núcleo de preenchimento) e pino RadiX Fiber Post; 3 – Excite DSC (sistema adesivo convencional dual) com MultiCore Flow (resina dual para cimentação e preenchimento) e pino FRC Postec; 4 – ED Primer (adesivo autocondicionante) com Panavia F 2.0 (Cimento resinoso dual) e pino RadiX Fiber Post; 5 – cimento auto adesivo experimental com o pino RadiX Fiber Post; 6 RelyX Unicem (cimento resinoso auto adesivo) e pino RelyX Fiber Post (3M). Para fotoativação dos cimentos, foi utilizada luz halógena ($600\text{mW}/\text{cm}^2$) por 40 seg. Os espécimes foram então armazenados em água, a 37°C , por 24 horas. Para testar a resistência de união ao conduto, foi realizado teste de *push-out*. As raízes foram seccionadas, perpendicularmente ao longo eixo da raiz, obtendo-se, em cada raiz, seis fatias de 1mm de espessura. Depois do ensaio mecânico, as fraturas ocorridas foram avaliadas em estereomicroscópio com 40X de aumento. Uma fatia representativa de cada fratura foi avaliada em MEV. Observou-se que a resistência de união para Calibra e RelyX Unicem foi superior ao FluorCore 2 e Panavia F 2.0. Os demais grupos apresentaram valores de resistência de união que não diferiram significativamente dos grupos em estudo. A principal fratura encontrada foi adesiva entre o cimento e a dentina, seguida de fraturas adesivas entre o cimento e o pino. Com esse estudo, os autores concluíram que sistemas de cimentação com adesivos autocondicionantes, apresentam resistência de união inferior a sistemas de cimentação com adesivos convencionais e cimentos autoadesivos.

Wang *et al.*, em 2008, estudaram a resistência de união de dois tipos de cimentos nas porções coronal e apical do conduto radicular, usando dois tipos de pinos de fibra. Foram usados 24 dentes humanos, que tiveram as coroas separadas da raiz a 2mm JCE. As raízes foram tratadas endodonticamente. A obturação endodôntica foi realizada com guta percha e cimento AH26, seguida de estocagem em solução salina 0,9%, a 37°C , por uma semana. Cada raiz foi preparada com 11mm, com o mesmo diâmetro, dividindo os dentes preparados em quatro grupos ($n=6$), sendo: A1 – Pino de fibra de carbono (#2 C-Post, Bisco) cimentado com sistema de condicionamento ácido (One-step Plus / C&B, Bisco); A2 – Pino de fibra de carbono cimentado com cimento auto adesivo (RelyX Unicem, 3M); B1 – pino de fibra de quartzo (#2 Aestheti-Plus, Bisco) cimentado com One-step Plus / C&B; B2 – pino de fibra de quartzo cimentado com RelyX Unicem. Para o One-step Plus / C&B, a cimentação seguiu os seguintes passos: inicialmente, foi realizado o

condicionamento ácido dentinário por 15seg, seguido de enxágue com água e secagem com papel absorvente. Duas camadas do adesivo foram aplicadas sobre a dentina, seguida de fotoativação por 20seg, a uma intensidade de irradiância de 600mW/cm^2 (Variable Intensity Polymerizer Junior, Bisco). Depois dessa etapa, o cimento químico foi manipulado e inserido no conduto, conforme orientações do fabricante. Para o RelyX Unicem, a superfície da dentina foi lavada com água e secas com cone de papel absorvente, mantendo a dentina úmida. O cimento em cápsulas foi manipulado e inserido no conduto, conforme orientações do fabricante, porém não foi fotoativado. Todos os espécimes foram armazenados em solução salina 0,9%, a 37°C , por uma semana, e então, foram seccionados, perpendicularmente, ao longo eixo da raiz, obtendo-se quatro fatias por raiz com 2mm, representando as porções radiculares coronal e apical. Como resultado, foi observado que o uso do One-step Plus / C&B apresentou valor de resistência de união superior ao RelyX Unicem. Para o tipo de pino, foi observado que o Aesthetic Plus foi superior ao C-post, quando foi utilizado o sistema One-Step Plus / C&B. Para todos os grupos, a resistência de união reduziu de coronal para apical.

Kececi *et al.* (2008) avaliaram a resistência de união de diferentes pinos de fibra ao conduto radicular cimentados com dois sistemas, RelyX Unicem e Variolink II/ Excite DSC. Foram utilizados 80 dentes humanos, que tiveram as coroas separadas da raiz entre 1,5mm e 2mm da JCE. As raízes foram endodonticamente tratadas e obturadas. Após armazenamento por uma semana em solução de NaN_3 , os condutos foram preparados para cimentação dos pinos. Cada raiz foi preparada com 10mm, com o mesmo diâmetro, dividindo os dentes preparados em oito grupos ($n=10$), ficando: G1 – pino DT Light (fibra de quartzo translúcido) cimentado com Variolink II; G2 - pino DT Light cimentado com RelyX Unicem; G3 – pino DT Light SL(fibra de quartzo translúcido) cimentado com Variolink II; G4 - pino DT Light SL cimentado com RelyX Unicem; G5 – pino FRC Postec (fibra de vidro opaco) cimentado com Variolink II; G6 - pino FRC Postec cimentado com RelyX Unicem; G7 – pino Everstick (fibra de vidro elétrica) cimentado com Variolink II e G8 - pino Everstick cimentado com RelyX Unicem. Realizada a cimentação de cada sistema de pinos e armazenamento em água à temperatura ambiente, fatias de 1mm da porção coronária foram obtidas para realização dos ensaios de *push-out*. O cimento Variolink II demonstrou resistência de união superior ao RelyX Unicem. Os pinos DT

Light e FRC Postec apresentaram resistência de união superior ao DT Light SL e Everstick. Esses achados sugerem que o fato de um pino ser translúcido ou opaco parece não influenciar na resistência de união ao conduto.

Morgan *et al.*, em 2008, avaliaram a transmissão de luz através de pinos de fibra de vidro comerciais. Foram avaliados dez tipos diferentes de pinos translúcidos e convencionais. Blocos foram criados para que os pinos fossem introduzidos e a intensidade luminosa através dos mesmos fosse mensurada nos diferentes terços. Concluiu-se que apenas pinos translúcidos registraram incidência de luz nas porções mais profundas do conduto, porém essa taxa de transmissão de luz seria insuficiente para polimerização dos cimentos resinosos. Além disso, foi observado que quanto mais distante da fonte de luz, menor a intensidade luminosa.

Galhano *et al.*, em 2008, estudaram a transmissão de luz através de pinos translúcidos e opacos, utilizando como variável resposta a microdureza de um cimento resinoso, nas diferentes profundidades do conduto. Foram utilizados 15 dentes bovinos, que tiveram suas raízes padronizadas em 16 mm e divididas em três grupos (n = 5), sendo um grupo com pino translúcido (Light-Post, Bisco), outro com pino opaco (Aestheti Post, Bisco), e o grupo controle usando apenas o cimento resinoso. Para todos os grupos, usou-se o mesmo sistema de cimentação, uma combinação do sistema adesivo All-bond 2 (Bisco) com o cimento resinoso dual Enforce (Dentsply). As raízes foram seccionadas de forma a obterem-se duas fatias de cada terço radicular, formando assim seis grupos com dez fatias cada. Os Grupos 1, 2 e 3 representaram os terços coronal, médio e apical das raízes cimentadas com pinos de fibra de carbono opaco e os Grupos 4, 5 e 6 representando os terços coronal, médio e apical das raízes cimentadas com pinos de fibra de quartzo translúcido. A dureza no grupo controle foi superior aos demais. Não houve diferença significativa na dureza do cimento entre os pinos translúcido e opaco, no terço coronal. Não foi observada diferença estatística significativa entre pinos opacos e translúcidos, no terço médio. Os grupos médio e apical para o pino de fibra de carbono, assim como o grupo apical para o pino de fibra de quartzo falharam durante o preparo dos espécimes, não sendo possível sua avaliação. Esse estudo mostrou que os pinos, mesmo os translúcidos, não são capazes de transmitir a luz,

de maneira efetiva, em todo conduto. Além disso, demonstrou-se que os cimentos duais necessitam de luz para atingir as melhores propriedades de dureza.

Goracci *et al.*, 2008, avaliaram a transmissão da luz através de pinos de fibra comerciais. Foram usados 14 tipos de pinos de fibra, padronizados nos diâmetros e tamanho. Foi utilizado espectrofotômetro com o auxílio de uma fibra ótica para mensurar a transmissão da luz em três diferentes posições em relação ao local de incidência da luz (2mm, 5mm e 8mm). Observou-se que mesmo naqueles pinos que exibiam alguma capacidade de transmissão de luz, essa foi reduzida da porção coronal para médio-apical.

Onay *et al*, em 2009, estudaram a resistência de união, em diferentes terços radiculares, de pinos de fibra de vidro cimentados com diferentes agentes cimentantes. Foram usados 44 dentes humanos, que tiveram as coroas separadas da raiz, na JCE. As raízes foram tratadas endodonticamente. A irrigação dos condutos foi feita com hipoclorito de sódio a 1,25% e EDTA 17%. A obturação endodôntica foi realizada com guta percha e cimento AH plus pela técnica da condensação lateral. Foram removidos 10mm de guta percha para o preparo do espaço para o pino, seguida de estocagem em água por sete dias. Cada raiz foi preparada para receber o pino White post DC (FGM). Os dentes foram divididos em quatro grupos de acordo com o tipo de cimento (n=11): ABSE – adesivo autocondicionante e cura dual com cimento resinoso dual (All Bond SE/ Duo-link, Bisco); AB3 – sistema adesivo convencional com cimento resinoso dual (All Bond 3/ Duo-link, Bisco); BC – Sistema resinoso autoadesivo (Biscem, Bisco) e CLF – adesivo autocondicionante com cimento resinoso dual (Clearfil ED Primer II/ Clearfil Esthetic Cement, Kuraray) . Para testar a resistência de união ao conduto, foi realizado teste de *push-out*. Depois de uma semana de termociclagem, os espécimes foram incluídos em resina acrílica e as raízes foram seccionadas, perpendicularmente ao longo eixo da raiz, com aproximadamente 2mm de espessura, de forma a obter fatias dos três terços radiculares. Um espécime de cada grupo foi preparado para MEV. Foram realizadas três secções, com 3mm, as quais foram descalcificadas, desproteinizadas, desidratadas e metalizadas para análise em MEV, para observar a formação de *tags* e camada híbrida. Observou-se que a resistência de união foi afetada pela região do conduto e o tipo de sistema de

cimentação utilizado. Para o terço coronal e médio, os grupos BC e ABSE apresentaram valores de resistência de união superior ao AB3 e CLF. Para o terço apical, o sistema BC foi estatisticamente semelhante ao ABSE e superior ao AB3 e CLF. O sistema ABSE foi estatisticamente semelhante ao AB3 e superior ao CLF e o sistema AB3 foi estatisticamente semelhante ao CLF. Para todos os grupos estudados, foi observada a redução da resistência de união de coronal para apical. Os autores concluíram que sistemas resinosos simplificados (BisCem e All Bond SE/Duo-link) são uma alternativa para cimentação de pinos.

Pereira *et al.*, em 2010, estudaram o efeito de dois sistemas adesivos, um autocondicionante (Xeno III) e um convencional de três passos quimicamente ativado (All Bond 2), sobre o grau de conversão de um cimento resinoso dual (Duo-link). Foram utilizados 20 dentes bovinos, cujas raízes foram preparadas com 12mm de comprimento para cimentação dos pinos. As raízes foram bloqueadas para passagem de luz de forma que a fotoativação do cimento só ocorresse pela porção coronária da raiz. Depois da cimentação dos pinos, em cada terço do conduto radicular, foram seccionadas três fatias perpendiculares ao longo eixo da raiz, com 3mm de espessura, para avaliação do grau de conversão com espectroscopia Raman. Os resultados mostraram que nem o tipo de sistema adesivo nem a profundidade do conduto afetavam o grau de conversão do cimento em questão.

Erdemir *et al.*, em 2010, avaliaram a resistência de união entre cimentos resinosos e as paredes do conduto depois da cimentação de pinos de fibra, utilizando Panavia F, RelyX Unicem e RelyX Unicem, acrescido da aplicação prévia do sistema adesivo de condicionamento ácido total (Single Bond). Foram utilizados 60 dentes humanos uniradiculares, os quais receberam tratamento endodôntico e armazenamento por sete dias. Em seguida, foi realizado o preparo do conduto com 9mm e a cimentação dos pinos. Depois de sete dias, foram realizados 5.000 ciclos de temperatura, e os espécimes foram preparados para realização do teste de *push-out*, seccionando-se duas fatias de 1mm em cada terço radicular. Os resultados do teste mostraram que o cimento RelyX Unicem, com a técnica modificada, apresentou resistência de união reduzida em relação aos outros grupos. Além disso, a resistência de união reduziu de coronal para apical em todos os grupos. Esse estudo reforçou a importância do

contato direto do cimento resinoso autoadesivo RelyX Unicem com a dentina não condicionada para alcançar os melhores padrões de adesão.

Em relação aos cimentos resinosos autoadesivos, nota-se que a literatura apresenta um predomínio de estudos relatando o desempenho do RelyX Unicem (3M ESPE). Esse cimento apresenta monômeros ácidos multifuncionais, os quais formam uma união com a matriz do cimento durante sua polimerização, gerando resistência mecânica, estabilidade e adesão à estrutura dental. Durante a polimerização, os monômeros ácidos reagem com os componentes de carga do cimento e com a hidroxiapatita da dentina; essa reação eleva o pH. Com essa reação, o produto adquire propriedades hidrófobas, baixo coeficiente de expansão e de solubilidade, características importantes para sua durabilidade. Esse mecanismo de ação é o responsável pela união química do cimento com o cálcio da hidroxiapatita, o que dispensaria a retenção micromecânica a fim de obter bons resultados (GERTH *et al.*, 2006; RADOVIC, *et al.*, 2008; SASKALAUSKAITE *et al.*, 2008).

Bergoli *et al.*, em 2011, avaliaram o efeito da ciclagem mecânica e de diferentes estratégias de cimentação na resistência de união entre pino de fibra de vidro e a dentina radicular. Para o estudo foram utilizadas 80 raízes de dentes bovinos, endodonticamente tratadas e divididas em 8 grupos (n=10): 1 – RelyX ARC e SBMP; 2 –Multilink e AdheSE; 3 – RelyX U100 com condicionamento ácido prévio; e 4 – RelyX U100. Após a cimentação dos pinos foi realizada a reconstrução coronária a metade da amostra foi submetida a 2.000.000 de ciclos mecânicos. Após a ciclagem os espécimes foram cortados de forma a obter 4 secções de 2mm de cada raiz, as quais foram submetidas ao ensaio de *push-out*. Os resultados mostraram que a ciclagem mecânica não influenciou na resistência de união, porém a estratégia de cimentação sim. Os cimentos RelyX U100 sem condicionamento ácido e o RelyX ARC apresentaram os maiores valores de resistência de união, comparados às demais estratégias de cimentação. O condicionamento ácido prévio dos espécimes de RelyX U100 acarretou uma diminuição da resistência de união, em comparação à situação sem condicionamento ácido. Esse fato foi explicado pela desmineralização da dentina, remoção da smear layer e do conteúdo inorgânico da dentina pelo condicionamento ácido, prejudicando a união química do material.

Giachetti *et al.*, em 2011, estudaram a resistência de união de pinos translúcidos cimentados com um sistema autoadesivo e com um sistema de cimentos resinosos dual. Foram usados 34 dentes humanos, que tiveram as coroas separadas da raiz na JCE, obtendo-se raízes com 14mm. As raízes foram tratadas endodonticamente, utilizando hipoclorito de sódio como irrigante. A obturação endodôntica não foi realizada. Cada raiz foi preparada com brocas em baixa rotação, para receber o pino translúcido Relyx Fiber Post, com 10mm de comprimento, divididas em dois grupos (n=17), de acordo com o cimento utilizado, em: 1 - técnica dual (DC), no qual utilizou o cimento resinoso dual RelyX ARC com o sistema adesivo Excite DSC; 2 - autoadesivo fotoativado (LCSA), no qual utilizou o cimento Vertise Flow. Após a cimentação dos pinos as raízes foram estocadas por sete dias, a 4°C, em água destilada. As raízes foram seccionadas, perpendicularmente, ao longo do eixo da raiz, obtendo-se 2 fatias de cada terço de aproximadamente 0,65mm. Após o teste de *push-out* foi avaliado o tipo de fratura. Para o cimento Vertise Flow, a resistência de união pode estar associada a uma adaptação as paredes do conduto, mostrando que a resistência friccional pode contribuir com a retenção do pino. Observou-se que a resistência de união não foi alterada pelo cimento nem pelo terço radicular. A fratura predominante foi entre o cimento e a dentina. Conclui-se, que ambos os cimentos apresentaram resistência de união equivalente às paredes do conduto, com o uso de um pino translúcido.

Sahinkesen *et al.*, em 2011, estudaram os efeitos da silanização na resistência de união de pinos cimentados com cimentos resinosos. Foram usados 60 dentes humanos, que tiveram as coroas separadas da raiz a 2mm da JCE, obtendo-se raízes com 12mm. As raízes foram tratadas endodonticamente, utilizando hipoclorito de sódio como irrigante. A obturação endodôntica foi realizada com guta percha e cimento AH plus, seguida de estocagem em 100% de umidade, a 37°C, por sete dias. As raízes foram preparadas com brocas em baixa rotação, fornecidas pelo fabricante do pino, com 8mm de comprimento, e divididas em dois grupos (n=30), de acordo com o tratamento de superfície do pino, em: uso de silano (Monobond-S, Ivoclar-Vivadent) e grupo sem silano. Posteriormente, as raízes foram divididas em três grupos (n=10), de acordo com o cimento utilizado, em: cimento de condicionamento ácido total VariolinkII, adesivo autocondicionante (Panavia F 2.0) e autoadesivo (RelyX U100). Após a cimentação dos pinos, as raízes foram estocadas

por sete dias, a 37°C, em ausência de luz. Antes de realizar o teste de *push-out*, as raízes foram submetidas a 10.000 ciclos térmicos. As raízes foram seccionadas, perpendicularmente, ao longo do eixo da raiz, obtendo-se fatias de 2mm de cada porção radicular. Após o teste de *push-out*, foi avaliado o tipo de fratura. Observou-se que a resistência de união só foi alterada pelo uso do silano na porção apical com os cimentos Variolink e RelyX U100 quando comparados ao seus respectivos grupos controles. A resistência de união foi superior para Variolink em todos os terços radiculares em comparação com Panavia F e RelyX U100; RelyX U100 apresentou resistência de união superior ao Panavia. A principal fratura observada foi adesiva entre cimento e a dentina seguida da fratura adesiva entre o cimento e o pino. Conclui-se, que cimentos de condicionamento ácido total apresentaram resistência de união superior aos demais, que a resistência de união reduziu da porção coronal para apical e que o uso do silano não foi capaz de melhorar a resistência de união.

Dantas *et al.*, em 2012, avaliaram diferentes tipos de tratamento de superfície de pinos de fibra de vidro na resistência de união a um cimento resinoso. Foram usados pinos de fibra de vidro, que foram divididos seis grupos, de acordo com o tratamento de superfície, em: 1 - silano, 2 - ácido fluorídrico, 3 - ácido fluorídrico mais silano, 4 - plasma polimerizado com argônio, 5 - plasma etilendiamina (EDA) e 6 – grupo controle. A cimentação foi realizada em matriz cilíndrica, para que ao final fossem obtidos corpos de provas dos pinos envoltos pelo cimento resinosos. Foram obtidos espécimes de 1mm para realizar o teste de *push-out* para medir a resistência de união entre os pinos e o cimento. Apenas o uso do plasma EDA foi capaz de aumentar a resistência de união entre o pino e o cimento resinoso. Os demais tratamentos de superfície apresentaram resultados estatisticamente semelhantes. Portanto, o silano não foi capaz de aumentar a resistência de união entre o pino e o cimento resinoso.

Bitter *et al.*, em 2012, estudaram os efeitos da termociclagem na resistência de união de pinos cimentados com diferentes cimentos resinosos. Foram usados 66 incisivos centrais superiores humanos, que tiveram as coroas separadas da raiz na JCE. As raízes foram tratadas endodonticamente, a 1mm do forame apical. A obturação endodôntica foi realizada com guta percha e cimento AH Plus, seguida de estocagem em água por 24 horas. Cada raiz foi preparada com brocas em baixa

rotação para cimentação do pino RelyX Fiber Post 2 com: 1 – Panavia F 2.0 (Kuraray), 2 – Variolink II (Ivoclar Vivadent) e 3 – RelyX Unicem (3M ESPE) (n=22). A cimentação dos pinos seguiu as recomendações dos fabricantes e a fotoativação foi realizada com aparelho de LED (1200mW/cm², Elipar Freeligth), conforme orientação do fabricante. Para 12 espécimes de cada grupo, foram confeccionados núcleos de preenchimento e cimentação de coroa total em porcelana, seguida de armazenamento por sete dias em água destilada a 37°C. A seguir, os espécimes foram submetidos a 5000 ciclos térmicos. Depois da termociclagem, esses espécimes foram armazenados em água destilada por mais 21 dias. Os outros dez dentes de cada grupo foram estocados por 24 horas para completa polimerização. Para testar a resistência de união ao conduto, foi realizado teste de *push-out*. As raízes foram seccionadas, perpendicularmente ao longo eixo da raiz, obtendo-se quatro fatias de cada espécime. Em seguida, foi observado o tipo de fratura em microscópio com 40X de aumento. Dois espécimes de cada tipo de cimento resinoso que foram submetidos à termociclagem foram preparados para observação da interface adesiva em MEV. Observou-se que a resistência de união foi afetada tanto pelo tipo de cimento resinoso como pela termociclagem. A termociclagem reduziu a resistência de união para todos os cimentos estudados. RelyX Unicem, apresentou a maior resistência de união antes e depois da termociclagem, quando comparado a Panavia F e Variolink II. Observou-se, para o Variolink, uma camada híbrida com numerosos *tags* de resina. Para o sistema autocondicionante ED Primer/Panavia, foi visualizada uma camada híbrida estreita, com poucos *tags* de resina. Para o cimento resinoso RelyX Unicem, nenhuma camada híbrida foi visualizada, porém foram observados pequenos e escassos *tags* de resina. Concluiu-se que a resistência de união ao conduto radicular reduz depois de um tempo de função e que o cimento resino auto adesivo RelyX Unicem parece ser um material com boa indicação para cimentação de pinos.

Baena *et al.*, 2012, avaliaram a microdureza de cimentos resinosos utilizados para cimentação de pinos, ao longo do conduto radicular, em dois momentos: 24h e sete dias depois da cimentação. Foram usados 15 dentes bovinos, armazenados por até seis meses a 4°C, com comprimento de raízes padronizados em 16mm. Em seguida à instrumentação endodôntica e irrigação com hipoclorito de sódio a 2,5%, foram realizados os preparos dos espaços para os pinos, com 12mm. O condicionamento

da estrutura dental foi realizado de acordo com instruções dos fabricantes dos cimentos. O pino utilizado foi FRC Postec 3 (Ivoclar-Vivadent) que foi silanizado com Monobond-S (Ivoclar-Vivadent). Para a cimentação de pinos foram utilizados os cimentos: Multilink Automix (Ivoclar-Vivadent); Maxcem Elite(Kerr Corp), RelyX Unicem (3M), G-Cem (GC Corporation) e SmartCem 2 (Dentsply-Detrey). Para fotoativação foi utilizado o aparelho de LED Bluephase (Ivoclar-Vivadent) por 40seg. Os espécimes foram embutidos em resina epóxica e cortados com 1mm de espessura, obtendo-se três fatias de cada terço radicular. Em seguida, as amostras foram polidas com lixas e mantidas em ambiente protegido por luz. A microdureza Vickers foi registrada 24 horas e sete dias depois da cimentação do pino. O cimento RelyX Unicem apresentou, no período de 24 horas, a maior microdureza no terço coronal, seguido pelo G-Cem. O cimento Multilink Automix apresentou o menor valor, enquanto MaxCem Elite e SmartCem2 apresentaram valores intermediários. Para os terços médio e apical, o cimento RelyX Unicem e G-Cem apresentaram os maiores valores; SmartCem 2 exibiu valor intermediário, enquanto MaxCem Elite e Multilink Automix apresentaram os menores valores. Apenas Multilink e G-Cem apresentaram valores semelhantes ao longo da raiz, enquanto, nos demais, esse valor reduziu de coronal para apical. Depois de sete dias, RelyX Unicem e G-Cem apresentaram valores de microdureza similares e maiores que os demais cimentos, no terço coronal. No terço médio, RelyX Unicem exibiu a maior microdureza, seguido do G-Cem. Os cimentos Maxcem e SmartCem exibiram os valores intermediários, enquanto que a menor dureza foi apresentada pelo Multilink Automix. No terço apical, RelyX e G-Cem apresentaram os maiores valores de microdureza, seguidos pelo Maxcem e SmartCem 2, ao passo que o menor valor foi registrado pelo Multilink. Todos os cimentos apresentaram redução na microdureza de coronal para médio e apical, com exceção do SmartCem 2. Foi observado um aumento na microdureza de 24 horas para sete dias, com exceção de MaxCem e SmartCem no terço coronal. Esse estudo mostrou que cimentos resinosos duais dependem da fotoativação. O ensaio de microdureza Vickers foi empregado como um preditor do grau de conversão. Observou-se que a microdureza foi reduzida nas regiões em que não é possível a fotoativação dos cimentos.

Calixto *et al.*, em 2012, realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a resistência de união de sistemas de cimentação utilizados na cimentação de pinos de fibra de

vidro ao conduto radicular, nas diferentes regiões do canal. Foram usados 40 dentes bovinos com anatomias semelhantes. As raízes foram tratadas endodonticamente, sob irrigação com hipoclorito de sódio a 1%. A obturação endodôntica foi realizada com guta percha e cimento AH plus, seguida de estocagem por 24h a 37 °C. Cada raiz foi preparada com 11mm para receber o pino de fibra de vidro translucido (White post DC #3, FGM), previamente limpo com ácido fosfórico por 60seg, lavado e seco. As raízes foram divididas em 5 grupos (n=8), de acordo com o tipo de cimento: G1 – sistema de cimentação quimicamente ativado C&B ; G2 – sistema de cimentação dual RelyX ARC; G3 – sistema de cimentação quimicamente ativado com adesivo auto-condicionante Multilink; G4 – sistema de cimentação dual com adesivo auto-condicionante Panavia F; G5 – sistema de cimentação auto adesivo dual RelyX U100. Depois da armazenagem por 24h a 37°C em água, as raízes foram seccionadas, perpendicularmente ao longo eixo da raiz, obtendo-se uma fatia de cada terço por raiz, as quais foram submetidas a ensaio mecânico de *push-out*. Observou-se que a resistência de união foi afetada pelo tipo de sistema de cimentação utilizado. Os sistemas C&B, RelyX ARC, Multilink e Panavia F foram superiores ao RelyX U100. Os sistemas C&B, Multilink e RelyX U100 não apresentam variações ao longo do conduto radicular. Para o RelyX ARC, observa-se uma redução desses valores de coronal para apical e para o Panavia F o terço médio foi que apresentou a melhor resistência de união, quando comparado ao coronal e ao apical. Os autores concluíram que sistemas que necessitam de tratamento dentinário prévio à cimentação apresentam um bom resultado, quando comparados aos sistemas autoadesivos, porém quando esses necessitam de fotoativação tem uma redução da resistência de união na região apical.

Gomes *et al.*, em 2012, avaliaram a influência da experiência do operador na cimentação de pinos de fibra de vidro, utilizando 3 diferentes sistemas de cimentação. Foram usados 48 dentes humanos armazenados por no máximo 6 meses. As coroas foram seccionadas na JCE, ficando as raízes com 14±1mm. As raízes foram tratadas endodonticamente e a obturação foi realizada com guta percha e cimento AH plus, seguida de estocagem por uma semana a 37°C em 100% de humidade. Cada raiz foi preparada com 10mm, de acordo com especificações do fabricante, para receber o pino Tenax Fiber Trans (Coltène/Whaledent). As raízes foram divididas em 6 grupos (n=8), de acordo com o operador: 1 – profissional

experiente (8 profissionais com experiência em dentística restauradora) e 2 – alunos de graduação (8 alunos de graduação do 4^o. ano do curso de odontologia). Posteriormente, foram divididos de acordo com o tipo de cimento: ARC/SBMP – sistema de cimentação RelyX ARC com sistema adesivo SBMP; ARC/SB – sistema de cimentação RelyX ARC com sistema adesivo SB; U100 – sistema adesivo auto adesivo dual RelyX U100. O cimento foi introduzido no conduto utilizando seringa Centrix e a fotoativação foi realizada com aparelho LED (LEDemetron, 800 mw/cm²). Depois de armazenagem por uma semana, a 37°C em água, as raízes foram seccionadas perpendicularmente ao longo eixo da raiz, obtendo-se fatias de, aproximadamente, 1mm. Cada fatia foi avaliada em lupa com 10x de aumento e aquelas que apresentaram defeitos foram descartas; a área de cimentação para cada fatia foi medida e essas foram submetidas a ensaio mecânico de *push-out*. Observou-se que a resistência de união foi afetada pelo tipo de sistema de cimentação utilizado e pelo operador. Os operadores experientes apresentaram melhores resultados que os inexperientes, porém tal fato não foi observado para o cimento RelyX U100. O sistema RelyX U100 apresentou resultado superior e o RelyX ARC/SB mostrou valores inferiores. O sistema RelyX ARC/SBMP não diferiu significativamente dos outros dois sistemas. Concluiu-se que o sistema resinoso autoadesivo RelyX U100 apresentou uma menor sensibilidade técnica que sistemas convencionais de múltiplos passos.

Soares *et al.*, em 2012a, realizaram um estudo para determinar o papel do desenho do pino e o tipo de cimento resinoso na resistência de união de pinos cimentados à dentina com diferentes profundidades do conduto. Foram usados 96 dentes bovinos, que tiveram as raízes padronizadas com 15mm. As raízes foram tratadas endodonticamente, sob irrigação com hipoclorito de sódio a 1% e, finalizando o preparo endodôntico, foi realizada irrigação com solução salina. A obturação endodôntica foi realizada com guta percha e cimento Sealer 26. Cada raiz foi preparada para receber os pinos Reforpost e Exato n^o3, sendo 48 raízes para cada tipo de pino. Em seguida, as raízes foram estocadas a 37 °C por 7 dias. As raízes foram divididas em 4 grupos, de acordo com o tipo de cimento (n=12: cimento resinoso convencional dual (RelyX ARC com sistema adesivo fotoativado SBMP primer e adesivo); cimentos resinosos autoadesivos duais (RelyX Unicem e MaxCem); cimento resinoso quimicamente ativado (Cement-post com o sistema

adesivo fotoativado SBMP primer e adesivo). Após a cimentação dos pinos, os espécimes foram armazenados por 24h a 37°C, em ambiente aquoso. Para testar a resistência de união ao conduto, foi realizado teste de *push-out*. As raízes foram seccionadas perpendicularmente ao longo eixo da raiz, obtendo-se duas fatias de 1mm de cada terço radicular, em cada grupo. Dois espécimes de cada grupo foram preparados para observação da interface dentina-cimento em MEV. Observou-se que a resistência de união não foi afetada pelo desenho dos pinos utilizados, porém o tipo de cimento e a localização do conduto mostraram efeito significativo. O cimento RelyX Unicem apresentou valores de resistência de união superiores aos demais e além disso não apresentou diferenças nas diferentes profundidades do conduto. Para RelyX ARC e Cement-post a resistência de união foi semelhante no terço coronal, porém para os demais terços do conduto Cement-post foi superior ao RelyX ARC. Para RelyX ARC e MaxCem a resistência de união diminuiu de coronal para apical. O cimento MaxCem foi o que apresentou os menores valores de resistência de união. Em ambos os grupos, foi evidenciado por MEV que a interface adesiva se apresentava uniforme no terço coronal. Para RelyX ARC, *gaps* foram observados nos terços médio e apical. Para RelyX Unicem e Cement-post, a interface apresentou-se uniforme independentemente da sua localização. Para MaxCem, foram observadas bolhas na porção apical do conduto, com aparência sugestiva da presença de cimento não polimerizado.

Aleisa *et al.*, em 2013, avaliaram a resistência de união de pinos cimentados ao conduto com seis diferentes cimentos, utilizando o teste de *pull-out*. Foram utilizados 96 dentes humanos, seccionados a 2mm da JCE, e que tiveram os seus condutos endodonticamente tratados, usando sistema rotatório, irrigação com hipoclorito de sódio 5,25%, obturação dos canais com AH26 e guta-percha, e armazenamento em 100% de humidade, por 7 dias. Em seguida, os canais foram preparados com 8 mm de comprimento e 1,5mm de diâmetro para receber pinos Parapost Fiber Lux. As raízes foram fixadas em blocos de resina acrílica e divididas em 6 grupos (n=16), de acordo com os cimentos usados, sendo: cimentos resinosos convencionais, Group V, Variolink II; Group A, RelyX ARC; Group N, Multilink N; cimento resinoso auto adesivo, Group U, RelyX Unicem; e dois sistemas de confecção de núcleo, Group P, ParaCore; Group F, MultiCore Flow. Após estocagem por 24h em humidade, os espécimes foram submetidos ao ensaio mecânico de *pull-out*. Os resultados

mostraram que o cimento auto-adesivo (RelyX Unicem) e os sistemas de confecção de núcleos (ParaCore e MultiCore Flow) foram semelhantes e superiores aos demais. Multilink apresentou o menor valor de resistência de união e essa foi estatisticamente semelhante ao Variolink e inferior ao Relyx ARC. Parte desse resultado pode ser creditado ao fato de que esses produtos (RelyX Unicem, ParaCore) reduzem as etapas operatórias minimizando assim a sensibilidade técnica. O sistema ParaCore não necessita de condicionamento ácido e polimerização do sistema adesivo. RelyX Unicem é aplicado em passo único sem necessidade de condicionamento dentinário. Sugere-se que MultiCore Flow apresenta polimerização química eficiente, sendo a fotoativação opcional. Esses achados evidenciam a dificuldade operatória no interior do conduto radicular, justificando o uso de cimentos que simplifiquem a técnica para esse procedimento.

Pereira *et al.*, em 2013, avaliaram a resistência de união de pinos ao conduto radicular, nos diferentes terços radiculares, com diferentes cimentos resinosos. Foram utilizados 80 dentes humanos, cujas raízes foram separadas das coroas a 2mm da JCE, e endodonticamente tratadas, sob irrigação com hipoclorito de sódio e EDTA e obturadas com Sealer 26 e guta percha. As raízes foram mantidas em água a 37 °C por 1 semana, e então, preparadas com 10mm para receber o pino Reforpost 2 Angelus. Os espécimes foram, então, divididos em 8 grupos (n=10): Rely X luting, Luting and Lining, Ketac Cem, Rely X ARC, Biscem, Duo-link, Rely X U100, e Variolink II. Após a cimentação dos pinos, os espécimes foram armazenados em água destilada por 1 semana. As raízes foram seccionadas, obtendo 6 fatias com 1mm de espessura de cada raiz, nos diferentes terços radiculares. Os espécimes foram submetidos ao teste de *push-out*, obtendo-se a resistência de união em MPa. Observou-se que os cimentos resinosos auto-adesivos e os cimentos de ionômero de vidro apresentaram maiores valores de resistência de união que os cimentos resinosos convencionais duais; o cimento resinoso dual Duo-link apresentou variação ao longo do conduto, sendo o terço coronal superior ao apical. Este estudo também demonstrou que cimentos simplificados favorecem a resistência de união de pinos cimentados ao conduto radicular.

Daleprane *et al.*, em 2014, avaliaram o efeito dos diferentes níveis de acesso na resistência de união de pinos de fibra de vidro no terço apical, comparando o uso de um cimento autoadesivo e um cimento resinoso convencional. Foram utilizados 60 dentes bovinos com dimensões padronizadas, cujos canais foram endodonticamente tratados e obturados com guta percha e cimento endodôntico AH plus. O preparo do espaço para cimentação dos pinos foi realizado com 15 mm de comprimento, e as raízes foram divididas aleatoriamente em três grupos, simulando os níveis de acesso ao conduto: Coronal - com 15 mm de espaço para o pino; Médio – o terço coronal das raízes foi cortado, restando um espaço de 10mm; Apical – os terços coronal e médio das raízes foram cortados, restando um espaço de 5 mm. Pinos de fibra de vidro (Reforpost # 3, Angelus) foram cimentados com RelyX U100 (3M ESPE) ou RelyX ARC / Scotchbond Multi Purpose Plus (SBMP) (3M ESPE) (n = 10). A fotoativação foi realizada por 40seg, utilizando LED Bluephase (1340mW/cm²). Após 24 horas, os terços apicais das raízes foram seccionados perpendicularmente ao seu longo do eixo, obtendo-se três fatias de 1mm de espessura, as quais foram submetidas ao teste *push-out*, com velocidade de 0,5 mm/min e célula de carga de 20N). Os resultados demonstraram que a resistência de união foi significativamente maior para U100 quando o acesso foi feito por Coronal (p <0,028) e Médio (p <0,016). Porém, quando o acesso foi feito por Apical, os cimentos não diferiram entre si. Para ARC / SBMP, o acesso por apical promoveu maior resistência de união que o acesso Coronal (p ≤ 0,05), enquanto para U100 os acessos coronal, médio e apical não diferiram. Concluiu-se que o cimento utilizado e o nível de acesso influenciaram a resistência de união de pinos de fibra de vidro cimentados aos canais radiculares. A resistência de união do cimento RelyX ARC / SBMP pareceu ser mais dependente da fotoativação que o cimento RelyX U100. O nível de acesso não influenciou a resistência de união ao terço apical do cimento RelyX U100, sugerindo que o cimento cuja técnica de aplicação é simplificada pode produzir união mais confiável que um cimento de múltiplos passos.

Sarkis-Onofre *et al.*, em 2014, fizeram uma revisão sistemática da literatura, com o objetivo de comparar a resistência de união de pinos cimentados com cimentos resinosos convencionais ou com cimentos autoadesivos. O estudo foi realizado de acordo com os itens sugeridos pelo guia PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Foram consultadas as bases de dados

Medline e Scopus para localizar estudos que compararam a resistência de união, em Mpa, de pinos cimentados ao conduto com cimentos resinosos convencionais e autoadesivos. A seguinte estratégia de busca foi usada: “(glass fiber post) AND (resin cement) AND (bond strength); (glass fiber post) AND (push out); (self*resin cement) AND (glass fiber post) AND (bond strength); (glass-fiber OR glass fiber), and (post) AND (bond* OR adhes*)”, para recuperar artigos publicados até outubro de 2012. Foram excluídos os estudos *in vivo* e *in situ*, os que utilizaram outro tipo de pino que não o de fibra de vidro, aqueles nos quais a cimentação não foi feita em dentes e que não compararam os dois tipos de cimentos resinosos. A busca e a seleção dos artigos foram conduzidas por dois revisores independentes e, em caso de discordância entre eles, um terceiro revisor foi utilizado. Os dados foram coletados para calcular a média aritmética da resistência de união e avaliar o risco de viés dos estudos. Foi, então, realizada a meta-análise, e a heterogeneidade foi testada com o Teste Cochran’s Q e a inconsistência pelo Teste I^2 . Para análise global foi utilizado o modelo de efeito fixo e outra análise utilizando modelo de efeito randomizado. Os resultados da meta-análise mostraram alta heterogeneidade entre os estudos e que os cimentos autoadesivos apresentam uma resistência de união superior aos outros sistemas. Os autores salientam que existe um alto risco de viés nos estudos, o que dificulta a seleção e padronização dos mesmos.

D’Alpino *et al.*, em 2015, realizaram um estudo para avaliar o grau de conversão e a interação química de cimentos resinosos auto-adesivos com a hidroxiapatita pura, em função do modo de ativação. O estudo investigou quatro cimentos (Abrace WetBond, Maxcem Elite, Bifix SE, e RelyX U200), combinados com hidroxiapatita dispensada em moldes, e distribuídos em três grupos, de acordo com protocolos de polimerização: IP (fotoativação por 40 s); DP (fotoativação tardia, 40s de fotoativação realizada após 10min de auto-polimerização); e CA (ativação química, sem exposição à luz). Foram obtidos o grau de conversão de monômero em polímeros e a interação com a hidroxiapatita. Os resultados demonstraram variação em função do cimento resinoso e do protocolo de polimerização. Abrace WetBond e RelyX U200 demonstraram dependência de fotoativação (imediate ou tardia), enquanto Maxcem Elite exibiu melhores resultados com o modo de ativação química. Bifix SE apresentou o melhor equilíbrio com base nos parâmetros analisados, independentemente do protocolo de ativação. Concluiu-se que a escolha

do protocolo de polimerização afeta o grau de conversão, e a interação química entre hidroxiapatita e o cimento resinoso auto-adesivo.

2.3 Desempenho clínico dos pinos de fibra

Estudos clínicos são necessários para evidenciar a segurança e o desempenho de pinos de fibra cimentados à dentina radicular. A literatura já apresenta estudos de acompanhamento de longo prazo e revisões sistemáticas sobre esse assunto. Ferrari *et al.* (2000b) relataram um acompanhamento clínico de 1-6 anos de pacientes que tiveram pinos de fibra cimentados com cimentos resinosos, totalizando 1.304 pinos. Foram realizados exames clínicos e radiográficos periodicamente, e os tratamentos apresentaram uma baixa taxa de insucesso nesse período. Foram relatados 3,2% de falhas: 25 por descimentação do conjunto pino/cimento resinoso do conduto durante a remoção de coroas provisórias e 16 lesões periapicais observadas radiograficamente. Esse estudo demonstrou que o uso desses pinos e a cimentação resinoso é um procedimento seguro e confiável. Revelou, também, que apenas a descimentação seria, exclusivamente, uma falha do procedimento de cimentação, e que o desenvolvimento de lesões periapicais estão relacionadas com outros fatores. Por essa razão, muitos estudos são voltados para avaliar a resistência de união dos pinos cimentados aos condutos radiculares, bem como avaliar a porção da raiz que apresenta a menor resistência de união e o tipo de cimento resinoso que pode promover o melhor desempenho laboratorial e clínico.

Signore *et al.*, em 2009, realizaram um estudo longitudinal, com até oito anos de acompanhamento, com o objetivo de avaliar a sobrevivência de dentes endodoticamente tratados e com grande perda de estrutura. Sistemas de pinos de fibra de vidro cimentados com resina composta no interior do conduto foram utilizados para reter os núcleos de preenchimento em resina composta, aos quais coroas foram cimentadas. Um total de 538 pinos foram cimentados em 200 pacientes e 526 foram reavaliados. Após uma média de 5,3 anos, 98,48% dos casos em dentes anteriores superiores tiveram sucesso, sendo as falhas as seguintes: 5 casos de descimentação, 1 caso de fratura do pino, 1 caso de fratura do núcleo com pouca perda de estrutura dental remanescente. Não foi registrada nenhuma fratura

dentária. Os autores concluíram que esses sistemas de retenção intrarradicular apresentam um desempenho satisfatório, e que mesmo os casos de falhas não acarretaram em perda do elemento dentário, sendo a recuperação um procedimento possível.

Soares *et al.*, 2012b, realizaram uma revisão de literatura com estudos clínicos retrospectivos e prospectivos em adultos, nos quais foram utilizados pinos metálicos ou de fibra para restauração de dentes permanentes. Esses estudos avaliaram a sobrevida das restaurações, bem como os tipos de falhas ocorridas. Foram consultadas as bases de dados MEDLINE e Cochrane Library, usando as seguintes palavras-chave: “*fiber post and clinical study*”, “*fiber post and clinical evaluation*”, “*cast post-and-core and clinical study*” e “*root post and retrospective survival study*”. Foram incluídos apenas artigos em inglês publicados de 1990 a 2010, cujos objetivos fossem responder às seguintes questões: “a sobrevida dos pinos de fibra é semelhante aos pinos metálicos?” “sobre quais condições de remanescente dentário cada tipo de sistema de pino deve ser utilizado?” “qual o tipo mais comum de falha nos dentes restaurados, usando pinos metálicos e de fibra? Dois revisores independentes analisaram os resumos recuperados e os textos completos foram obtidos a partir dos seguintes critérios: tempo de acompanhamento maior que um ano, número mínimo de 30 pacientes, procedimentos e materiais descritos com detalhes, taxa de sobrevida, características dos pacientes e localização dos dentes. Foram excluídos os relatos de caso, estudos laboratoriais, estudos envolvendo pinos cerâmicos e artigos de revisão. As divergências entre os pesquisadores foram discutidas, a fim de se chegar a um consenso, e caso isso não ocorresse, um terceiro revisor seria convocado. Foram encontrados 436 artigos e apenas 22 foram incluídos, sendo 16 estudos prospectivos e 6 retrospectivos. Concluiu-se que: a seleção do sistema de pino deve ser bem conduzida, um mínimo de estrutura dental deve ser removida, uma férula adequada deve estar presente para uma indicação segura de pinos de fibra; os pinos de fibra de vidro tem apresentado performance similar aos pinos metálicos. Pinos metálicos têm uma boa sobrevida clínica, porém, diferentemente dos pinos de fibra, as principais falhas associadas a eles são irreversíveis, levando à perda dos dentes.

Sterzenbach *et al.*, 2012, realizaram um ensaio clínico controlado randomizado para comparar a taxa de sobrevida de dentes com grande perda coronária, sendo a reconstrução do núcleo de preenchimento realizada com auxílio de pino de fibra de vidro ou pino de titânio, ambos fixados com um cimento resinoso autoadesivo. Esse estudo foi registrado e revisado conforme CONSORT (Consolidated Standards of Reporting Trials). Os pacientes elegíveis deveriam ser maiores de 18 anos, apresentar elemento dentário com remanescente coronal com duas ou menos paredes cavitárias, sem sintomatologia, com adequado suporte ósseo, ausência de doença periodontal e retornar às consultas periódicas, por no mínimo 5 anos. Depois de selecionados para o estudo, os dentes foram submetidos ao tratamento endodôntico e preparados para receber os pinos, Fiberpoints Root Pins Glass (pinos de fibra de vidro) e Fiberpoints Root Pins Titanium (pinos de titânio). Para o preparo do conduto, foi mantido um remanescente de guta-percha apical de 4mm, o conduto foi limpo e seco com cone de papel, e nesse momento foi feita a randomização. Os pinos foram limpos com acetona e os pinos de titânio receberam tratamento triboquímico, seguidos de silanização. Os pinos foram cimentados ao conduto com RelyX Unicem, seguido de fotoativação. Posteriormente, o núcleo de preenchimento foi realizado de forma padronizada e o preparo coronário foi realizado, mantendo-se uma férula em dentina mínima de 2mm. Depois de três meses, coroas metalocerâmicas foram confeccionadas e cimentadas com o mesmo cimento. As avaliações foram realizadas em 3, 6 e 12 meses, e depois desse prazo, anualmente, até completar 84 meses. Ao final, um total de 87 pacientes foram acompanhados por 71,2 meses. Desses, 18 pacientes não completaram os 84 meses de acompanhamento. Foi observada uma taxa de sobrevida de 92%, sendo que o tipo de pino utilizado não influenciou nos resultados. Esse estudo apresenta uma evidência para favorável longevidade da cimentação de pinos, utilizando o cimento resinoso autoadesivo RelyX Unicem.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral:

- Avaliar o efeito de sistemas resinosos e do nível de acesso ao conduto na resistência ao cisalhamento por extrusão de pinos de fibra de vidro cimentados à dentina radicular.

3.2 Objetivos específicos:

Com base no modelo hipotético proposto para o presente estudo, os objetivos específicos foram:

- a) Comparar a resistência ao cisalhamento por extrusão de pinos de fibra de vidro cimentados ao conduto radicular, nas regiões coronal, média e apical do conduto, usando diferentes sistemas de cimentação resinosos;
- b) Comparar a resistência ao cisalhamento por extrusão de pinos de fibra de vidro cimentados ao conduto radicular, na região apical, com acesso ao conduto nos terços coronal, médio e apical, usando diferentes agentes de cimentação resinosos.
- c) Comparar a resistência ao cisalhamento por extrusão de pinos de fibra de vidro cimentados ao conduto radicular, no mesmo nível de acesso ao conduto, nos terços coronal, médio e apical, usando diferentes sistemas de cimentação resinosos.

4 HIPÓTESES

Hipótese nula primária: os tipos de cimento resinoso não influenciam a resistência de união de pinos de fibra de vidro, nos terços coronal, médio e apical do conduto radicular.

Hipótese nula secundária: os diferentes níveis de acesso ao conduto não influenciam a resistência de união de pinos de fibra de vidro, nos terços coronal, médio e apical do conduto radicular.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Desenho do estudo

Este estudo experimental *in vitro*, foi realizado de acordo com um desenho em blocos completos aleatorizados. Os fatores investigados foram o sistema de cimentação, em três níveis: cimento resinoso dual e sistema adesivo quimicamente ativado RelyX ARC / Adper Scotchbond Multi-Purpose Plus (SBMP) (3M ESPE, St Paul, MN, EUA); cimento resinoso e sistema adesivo quimicamente ativados C&B / All-Bond 2 (Bisco, Inc., Schaumburg, IL, EUA) e cimento resinoso autoadesivo dual RelyX U200 (3M ESPE, St Paul, MN, EUA); e o nível de acesso do conduto (coronal, médio, apical). Para a determinação do tamanho amostral, utilizou-se o resultado de um estudo piloto, considerando-se o tamanho de efeito= 25%; $\alpha= 0,05$ e poder de 80%, totalizando 135 raízes dentárias, divididas em nove grupos representativos das interações sistema de cimentação x nível de acesso ao conduto (n=15). A variável resposta foi a resistência ao cisalhamento por extrusão, medida em MPa, nos terços coronal, médio e apical da raiz. O tipo de falha predominante foi determinado por meio de exame dos espécimes fraturados em estereomicroscópio. Imagens representativas das linhas de cimentação foram obtidas por meio de microscopia eletrônica de varredura.

5.2 Obtenção dos espécimes

Foram utilizados 135 dentes bovinos anteriores inferiores, extraídos há, no máximo, 90 dias, limpos e armazenados em água (Figura 1). As coroas foram amputadas na junção cimento-esmalte com discos adiamantados (KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil) montados em micromotor, sob refrigeração ar/água (Figura 2), obtendo-se raízes com o comprimento padronizado de 19,0mm, verificado por paquímetro digital (Mitutoyo, Suzano, SP, Brasil). Para padronizar o diâmetro, foram selecionadas as raízes nas quais a ponta ativa broca de Largo nº 4 (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil) não penetrasse completamente nos condutos (Figuras 3 e 4).



Figura 1 – Dentes bovinos



Figura 2 – Obtenção das raízes dentárias

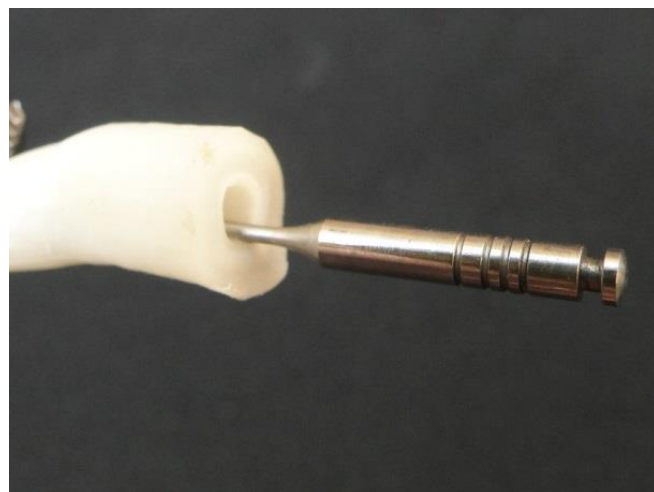


Figura 3 – Exemplo de raiz excluída do estudo, em função do diâmetro do conduto

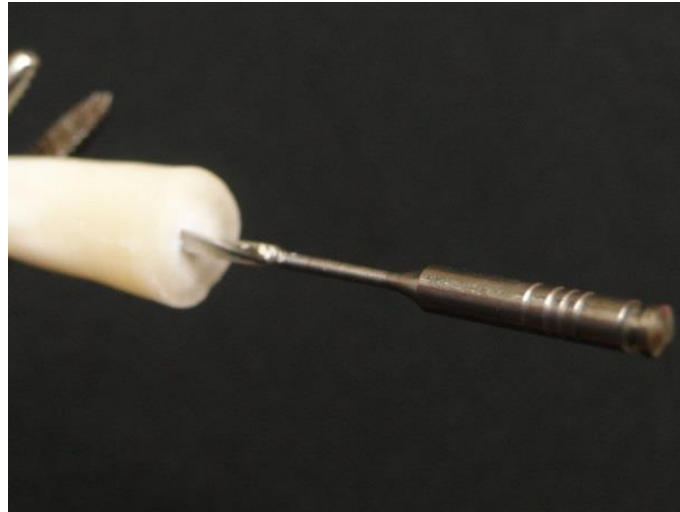


Figura 4 – Exemplo de raiz incluída no estudo, em função do diâmetro do conduto

5.3 Tratamento endodôntico

Todas as raízes receberam tratamento endodôntico, utilizando equipamento rotatório (Xmart, Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil), com limas Easy Prodesign (Easy, Belo Horizonte, MG, Brasil) e irrigação com solução de hipoclorito de sódio a 2,5%. Após a instrumentação dos canais, os mesmos foram irrigados com solução EDTA trissódico (Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brasil) e obturados com cones de guta-percha e cimento à base de resina epóxica (AH Plus, Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil), por meio da técnica termoplastificada, usando Termo Pack WL (Easy, Belo Horizonte, MG, Brasil). Em seguida, as raízes foram armazenadas em água destilada, a 37 °C, por sete dias.

5.4 Preparo do espaço para cimentação dos pinos

O preparo do espaço para cimentação dos pinos de fibra de vidro Reforpost n° 3 (Angelus Ind., Londrina, PR, Brasil) foi realizado, conforme recomendação do fabricante, com brocas de Largo, iniciando com a de n° 2 e finalizando com a de n° 5 (Figura 5). Foi determinado o comprimento de trabalho de 15,0mm, mantendo-se um remanescente de obturação do conduto de 4,0mm.



Figura 5 – Pino de fibra de vidro Reforpost n° 3 e brocas de Largo de números 2 a 5.

5.5 Alocação dos tratamentos

Previamente à cimentação dos pinos, as raízes foram seccionadas para simular os níveis de acesso ao conduto radicular, da seguinte forma: (1) nível de acesso coronal, mantendo-se o comprimento total da raiz e 15,0mm de espaço para o pino; (2) nível de acesso médio, no qual a raiz foi seccionada horizontalmente, 5,0mm abaixo do limite amelo-cementário, mantendo-se 10,0mm de espaço para o pino; (3) nível de acesso apical, no qual a raiz foi seccionada horizontalmente 10,0mm abaixo do limite amelo-cementário, mantendo-se 5,0mm de espaço para o pino. A figura 6 ilustra essa etapa.

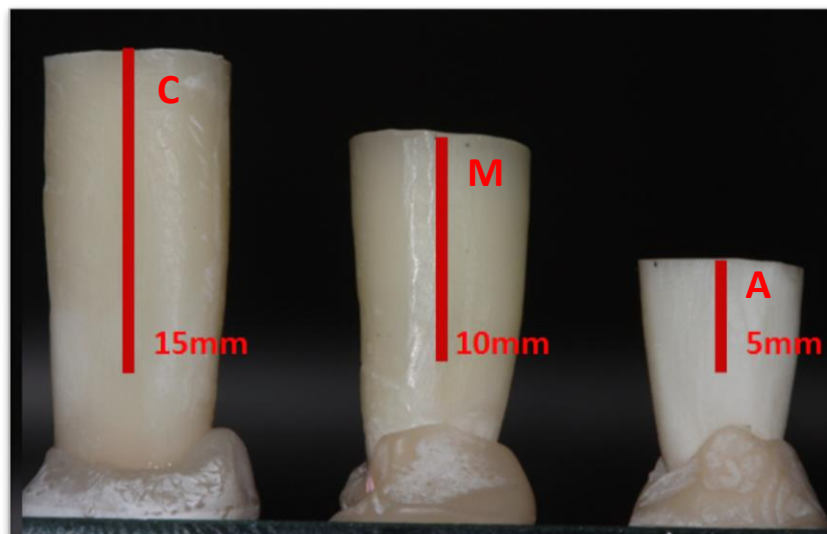


Figura 6 – Representação dos diferentes níveis de acesso ao conduto radicular. C-coronal, M- médio, A- apical

Sistemas de cimentação	Composição	Fabricante
RelyX™ ARC / Adper™ Scotchbond Multi-plus (ARC)	<p>Cerâmica tratada com Silício, dimetacrilado de trietileno glicol (TEGDMA), bisfenol A diglicidil metacrilato Eter (Bis-GMA), Sílica tratada com Silício, Polímero dimetacrilato funcionalizado. Lote: N411204</p> <p>ATIVADOR: álcool etílico, benzenossulfonato de sódio. Lote: N375291</p> <p>PRIMER: água, metacrilato de 2-hidroxietila, copolímero de ácido policarboxílico. Lote: N403189</p> <p>CATALISADOR: Bismetacrilato de (1-Metiletileno) Bis[4,1-fenilenooxi (2-hidroxi-3,1-propanodiilo)], Metacrilato de 2-Hidroxietila, Peróxido de benzoíla. Lote: N389559</p>	3M ESPE
RelyX™ U200 (U200)	<p>BASE: fibra de vidro, ésteres ácido fosfórico metacrilato, dimetacrilato de trietilenglicol, sílica tratada com silano, persulfato de sódio;</p> <p>CATALISADOR: fibra de vidro, dimetacrilato substituto, sílica tratada com silano, p-toluenosulfonato de sódio, hidróxido de cálcio .</p> <p>Lote: 492217</p>	3M ESPE
C&B / All-Bond 2 (C&B)	<p>Base: Bis-GMA, dimetacrilato, sílica, vidro fundido, fluoreto de sódio. Lote: 1200008462</p> <p>Catalizador: sílica, Bis-GMA, trietileno glicol, dimetacrilato. Lote: 1200008461</p> <p>Primer A: acetona, etanol, NTG-GMA. Lote: 1200006352</p> <p>Primer B: BPDM, fotoiniciador, acetona. Lote: 1200006353</p> <p>Pré-Bond Resin: Bis-GMA, TEGDMA, peróxido de benzoíla, BHT. Lote: 1200006400</p>	Bisco

Quadro 1 – Sistemas de cimentação avaliados.

Posteriormente, as raízes foram divididas, aleatoriamente, em três grupos, de acordo com o sistema de cimentação utilizado: RelyX ARC / SBMP; C&B / All-Bond 2; Rely X U200 (Quadro 1).

5.6 Cimentação dos pinos

Previamente à cimentação dos pinos, os ápices das raízes foram posicionados perpendicularmente ao solo e fixados em uma base em resina composta, para promover um apoio durante a cimentação. Em seguida, as raízes foram envolvidas, externamente, por uma fita adesiva preta para controlar o acesso da luz apenas sobre a entrada do conduto.

Todos os pinos foram previamente limpos com ácido fosfórico 37% (Condac 37, FGM, Joiville, SC, Brasil) por 30seg, seguido de enxágue e secagem com jato de ar. Nenhum outro tipo de tratamento de superfície foi realizado sobre o pino.

Os sistemas de cimentação foram manipulados e aplicados de acordo com as recomendações dos respectivos fabricantes:

RelyX ARC/SBMP

Inicialmente, a dentina foi condicionada com ácido fosfórico a 37% (Condac 37), por 15seg, seguido do enxágue com água em seringa de irrigação (Bico Lock, Injex, Ourinhos, SP, Brasil) e secagem com cone de papel absorvente. O sistema adesivo foi aplicado à dentina, com *microbrush* (Brush fine, KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil), na seguinte ordem: ativador, *primer* e catalizador, seguidos da remoção do excesso do produto com cone de papel absorvente, após cada passo. Em seguida, o cimento resinoso RelyX ARC foi dispensado em bloco de papel, misturado por 20seg e inserido no conduto, usando seringa Centrix com ponta de agulha (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil). Então, o pino foi inserido no conduto e mantido em posição sob uma carga estática de 1 Kgf. A fotoativação do cimento foi realizada com aparelho LED (Bluephase, Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein, 1340mW/cm²) por 40seg, tocando a borda vestibular da raiz com a ponteira do aparelho fotoativador em um ângulo de 45°.

C&B/ All Bond 2

Inicialmente, a dentina foi condicionada com ácido fosfórico 37% (Conduct 37), por 15seg, seguido do enxágue com água em seringa de irrigação e secagem com cone de papel absorvente. Então, misturou-se uma gota do adesivo All Bond 2 Primer A e B em casulos de plástico, fornecidos pelo fabricante, e a mistura foi aplicada ao conduto com *microbrush*, seguida da aplicação de um leve jato de ar e remoção do excesso com cone de papel absorvente. Em seguida, a resina Pre-bond foi dispensada em casulo plástico e aplicada com *microbrush* ao conduto. As pastas base e catalizadora do cimento C&B foram dispensadas em porções iguais e misturadas por 15seg e, então, a mistura foi inserida no conduto, usando seringa Centrix com ponta de agulha. Então, o pino foi inserido no conduto e mantido em posição sob uma carga estática de 1Kgf, durante sete minutos.

RelyX U200

O conduto foi lavado com água, utilizando uma seringa de irrigação e secado com cone de papel absorvente. Quantidades iguais das pastas base e catalizadora do cimento resinoso RelyX U200 foram dispensadas e misturadas sobre bloco de papel; a mistura foi inserida no conduto, usando seringa Centrix com ponta de agulha. Então, o pino foi inserido no conduto e mantido em posição sob uma carga de 1Kgf. A fotoativação foi realizada com aparelho LED (Bluephase, 1340 mW/cm²) por 40seg, tocando a borda vestibular da raiz com a ponteira do aparelho fotoativador em um ângulo de 45°.

5.7 Ensaio mecânico

Após 24h de armazenamento em meio úmido, a 37 °C, as raízes foram seccionadas perpendicularmente ao seu longo eixo, em cortadeira de precisão (Isomet, Bühler, Lake Bluff, IL, EUA), para obtenção de dois espécimes com espessura de aproximadamente 1,00mm, em cada terço radicular (Figuras 7 e 8). A primeira secção de cada raiz, com espessura de aproximadamente 0,50mm, foi descartada. A figura 9 ilustra a localização das secções. Ao final, foram obtidos 540 espécimes.



Figura 7 – Seções radiculares obtidas com espessura de aproximadamente 1,00mm.



Figura 8 – Espécimes obtidos após o seccionamento e identificados conforme a localização, sendo: preto – coronal, vermelho – médio, azul – apical.

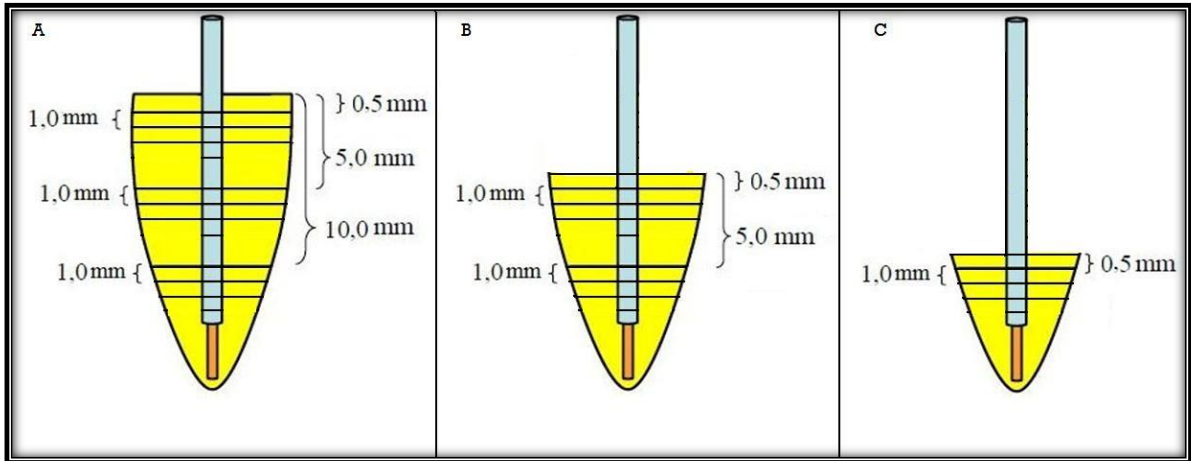


Figura 9 - Esquema ilustrativo das secções das raízes para preparo dos espécimes, onde: (A) a entrada do conduto se encontra no terço coronal; (B) a entrada do conduto se encontra no terço médio; (C) a entrada do conduto se encontra no terço apical.

A espessura dos espécimes foi verificada com um paquímetro digital, com precisão de duas casas decimais (Figura 10). Como preparação para o teste de cisalhamento por extrusão (*push-out*), cada espécime foi posicionado sobre uma base metálica com orifício central de 2,0mm de diâmetro (Figura 11). Um êmbolo com extremidade de 1,0mm de diâmetro foi adaptado à máquina de ensaio e posicionado sobre o espécime, de forma a tocar somente o pino, sem entrar em contato com as paredes do conduto (Figura 12). A força foi aplicada no sentido ápice-coroa.



Figura 10 – Aferição da espessura dos espécimes com paquímetro digital.

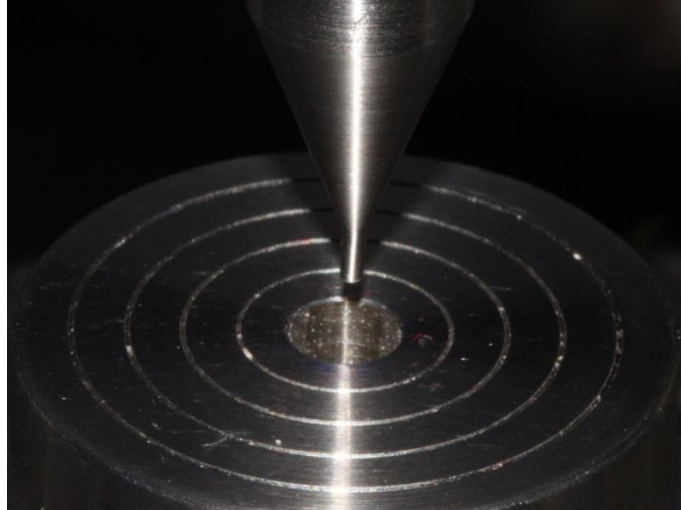


Figura 11 – Dispositivo usado na máquina de ensaio mecânico para o teste de *push-out*.



Figura 12 – Espécime posicionado para teste de *push-out*.

O ensaio foi realizado em máquina de ensaio universal (EMIC DL 3000, EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brasil), com uma célula de carga de 20N, a uma velocidade de 0,5mm/min, até que ocorresse a força máxima para o deslocamento do pino no interior do conduto (Figura 13).

Para obtenção da resistência de união em MPa, a força obtida em Newtons foi dividida pela área da interface de união, que foi calculada pela seguinte fórmula:

$$A = 2\pi rh$$

Onde π é uma constante 3,14, r o raio do pino e h a espessura do corte em milímetro.



Figura 13 – Máquina de ensaio universal EMIC 3000.

5.8 Análise do modo de fratura

Após o teste de *push-out*, cada espécime foi observado e fotografado em esteromicroscópio (Zeiss, Jena, Oberkochen, Germany), com aumento de 40x para determinar o modo de fratura. O modo de fratura foi avaliado de forma independente por dois examinadores calibrados ($\kappa=0,65$) e classificado, conforme se segue: 1) adesiva entre a dentina e o cimento; 2) adesiva entre o pino e o cimento; 3) fratura mista; 4) coesiva do pino. As discordâncias entre os examinadores serão resolvidas por consenso. O percentual de fraturas foram registrados.

5.9 Microscopia eletrônica de varredura

Quatro espécimes representativos de cada condição experimental, resultante da combinação de cada terço radicular (coronal, médio e apical) com cada sistema de cimentação, foram selecionados para avaliação da linha de cimentação, em microscopia eletrônica de varredura (Figura 14). As secções transversais das raízes foram embutidas em resina ortoftálica (Cristal, Belo Horizonte, MG, Brasil), e depois de 24h foram planificadas com lixas de carbetto de silício de granulações #600 e #1000 (Carborundum Abrasivos, Recife, PE, Brasil) e polidas com lixas de Al_2O_3 de granulações #1200, #2000 e #2500 (Carborundum Abrasivos, Recife, PE, Brasil) em polidora metalográfica (APL-4 Arotec, Cotia, SP, Brasil), sob irrigação com água. Em

seguida, a superfície dos espécimes foi desmineralizada com ácido fosfórico 50% por 3seg, seguido de enxágue em água corrente por 1min e desproteinização por imersão em hipoclorito de sódio 2,5% por 10min. Então, os espécimes foram lavados três vezes com água destilada e imersos em soluções de concentração crescente de etanol (25, 50, 75, 95 e 100%), permanecendo por cerca de 20min em cada uma. A solução de concentração 100% foi repetida por três vezes, com imersão por 10min a cada troca de solução (PEREIRA *et al.* 2014).

Em seguida, os espécimes foram mantidos em temperatura ambiente por 10min, e então, acondicionados em recipiente hermeticamente fechado, contendo sílica gel por pelo menos 24h antes da metalização. Os espécimes foram metalizados com carbono (*sputtering* modelo Balzers SCD 050) e observados em microscópio eletrônico de varredura (FEG – FEI, FEG Quanta 200F, Hillsboro, OR, EUA), sob aceleração de voltagem variável entre 15 e 30kV, distância de trabalho variável entre 9 e 14mm. As imagens foram obtidas com magnificações progressivas, tendo como objetivo a descrição de características morfológicas das linhas de cimentação para cada grupo experimental.

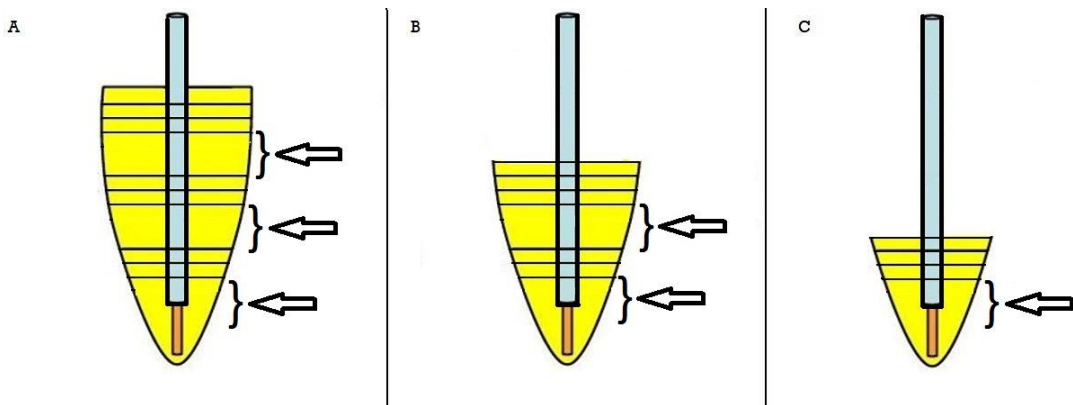


Figura 14 – Espécimes selecionados para a avaliação da linha de cimentação em MEV.

5.10 Análise estatística

Para comparar a resistência de união de diferentes sistemas de cimentação, nas regiões coronal, média e apical do conduto (objetivo específico a), foram usadas as médias de 15 espécimes obtidos para cada combinação de sistema de cimentação e terço radicular (Figura 15). Para comparar a resistência de união, na região apical,

com acesso ao conduto nos terços coronal, médio e apical, usando diferentes sistemas de cimentação resinosos (objetivo específico b), foram usadas as médias de 15 espécimes obtidos para cada combinação de sistema de cimentação e nível de acesso (Figura 16). Para comparar a resistência de união, no mesmo nível de acesso ao conduto, nos terços coronal, médio e apical, usando diferentes sistema de cimentação resinosos foram usadas as médias de 15 espécimes obtidos para cada combinação de sistema de cimentação e nível de acesso (Figura 17).

Foi verificada a homogeneidade de variâncias e a distribuição normal dos dados pelos testes estatísticos de Levene ($p > 0,05$), e Kolmogorov Smirnov ($p > 0,05$), respectivamente.

O efeito dos sistemas resinosos, do nível de acesso ao conduto e de sua interação sobre as médias de resistência ao cisalhamento nos terços coronal, médio e apical do conduto foram verificados por análise de variância e teste de comparações múltiplas de Tukey. O nível de significância adotado foi de 5%.

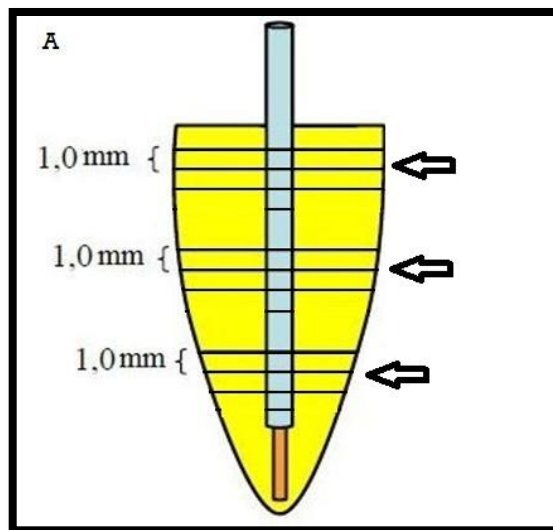


Figura 15 – Ilustração da localização dos espécimes avaliados na primeira condição experimental (objetivo específico a)

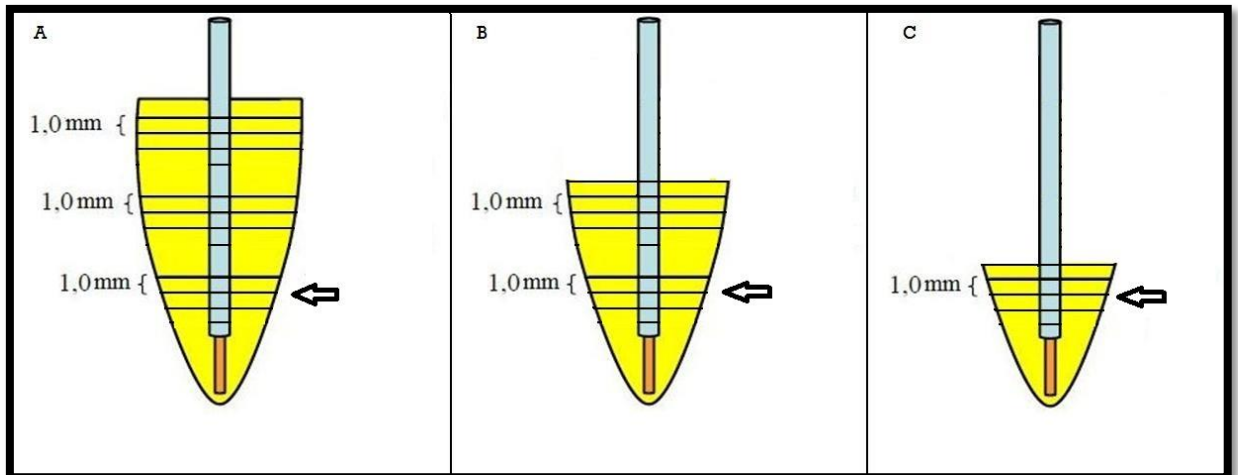


Figura 16 – Ilustração da localização dos espécimes avaliados na segunda condição experimental (objetivo específico b)

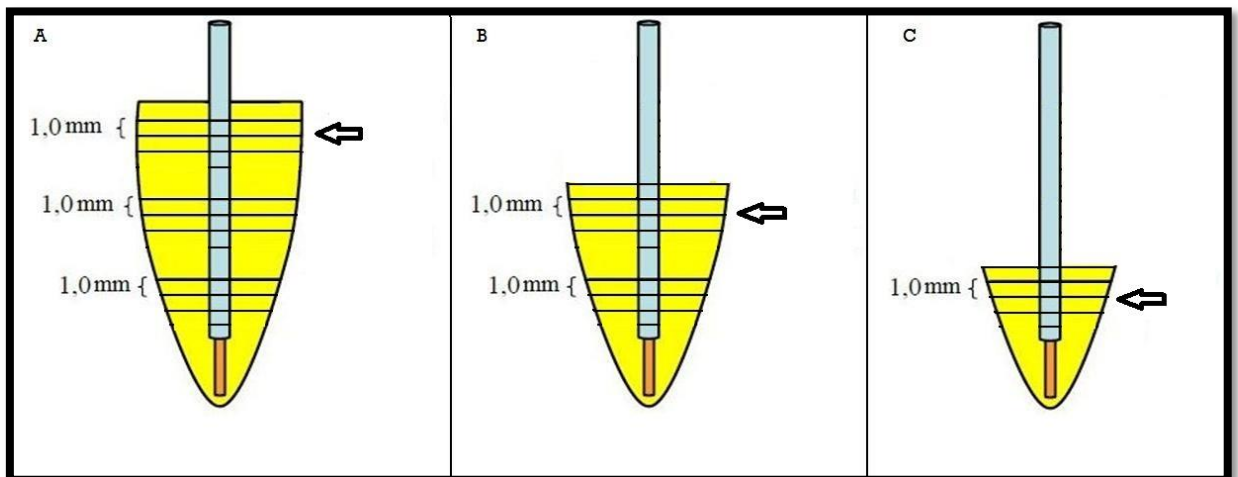


Figura 17 – Ilustração da localização dos espécimes avaliados na terceira condição experimental (objetivo específico c)

6 RESULTADOS

6.1 Resistência de união

Os resultados do teste de ANOVA mostraram que, quando o acesso ao conduto foi feito no terço coronário, o sistema de cimentação ($p=0,790$), o terço radicular avaliado ($p=0,224$), bem como sua interação ($p=0,443$) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. A tabela 1 apresenta as médias de resistência de união ao longo do conduto, para os diferentes sistemas de cimentação.

Quando a resistência de união foi medida somente no terço apical, o teste de ANOVA mostrou que o nível de acesso ao conduto apresentou efeito significativo ($p=0,029$), mas o sistema de cimentação ($p=0,775$) bem como sua interação com o nível de acesso ao conduto ($p=0,420$) não apresentaram efeitos significativos. A tabela 2 apresenta as médias da resistência de união no terço apical para os diferentes cimentos, aplicados nos terços coronal, médio e apical.

Quando a resistência de união foi medida no mesmo terço de acesso ao conduto, os resultados do teste de ANOVA mostraram efeito significativo do terço radicular ($p=0,001$), porém, não houve efeito significativo do sistema de cimentação ($p=0,56$) bem como de sua interação com terço radicular ($p=0,809$). A tabela 3 apresenta as médias e os desvios padrão para resistência de união.

Tabela 1 - Médias e desvios-padrão da resistência de união (Mpa) dos sistemas de cimentação medida nos diferentes terços radiculares, com acesso no terço coronal do conduto

Local de medida	Cimentos			
	N	RelyX ARC	C&B	RelyX U200
Coronal	15	8,37 (3,41)Aa	7,45 (3,81)Aa	8,36 (3,24)Aa
Médio	15	8,77 (3,05)Aa	8,08 (3,51)Aa	6,87 (4,13)Aa
Apical	15	8,62 (3,71)Aa	8,72 (2,85)Aa	9,90 (3,40)Aa

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem entre si nas comparações em linhas.

Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si nas comparações em colunas ($p > 0,05$).

Tabela 2 – Médias e desvios padrão da resistência de união (MPa) no terço apical para os diferentes cimentos, aplicados nos terços coronal, médio e apical.

Nível de acesso ao conduto	Cimentos			
	n	RelyX ARC	C&B	RelyX U200
Coronal	15	8,63 (3,71)Aa	8,72 (2,85)Aa	9,90 (3,40)Aa
Médio	15	9,43 (3,36)Aab	10,87 (2,96)Aab	9,28 (2,96)Aab
Apical	15	11,27 (2,78)Ab	11,09 (3,39)Ab	10,36 (3,42)Ab

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem entre si nas comparações em linhas.

Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si nas comparações em colunas ($p > 0,05$).

Tabela 3 - Médias e desvios padrão da resistência de união (MPa) medidos nos terços coronal, médio e apical, para os diferentes cimentos aplicados diretamente em cada nível de acesso ao conduto.

Terço radicular	Cimentos			
	n	RelyX ARC	C&B	RelyX U200
Coronal	15	8,37 (3,41)Aa	7,46 (3,81)Aa	8,37 (3,24)Aa
Médio	15	10,50 (5,12)Aab	9,20 (3,89)Aab	10,79 (3,52)Aab
Apical	15	11,27 (2,78)Ab	11,09 (3,39)Ab	10,36 (3,42)Ab

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem entre si nas comparações em linhas.

Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si nas comparações em colunas ($p > 0,05$).

6.2 Análise do modo de fratura

A análise do modo de fratura, de acordo com as condições experimentais estudadas, estão representadas nos gráficos 1, 2 e 3.

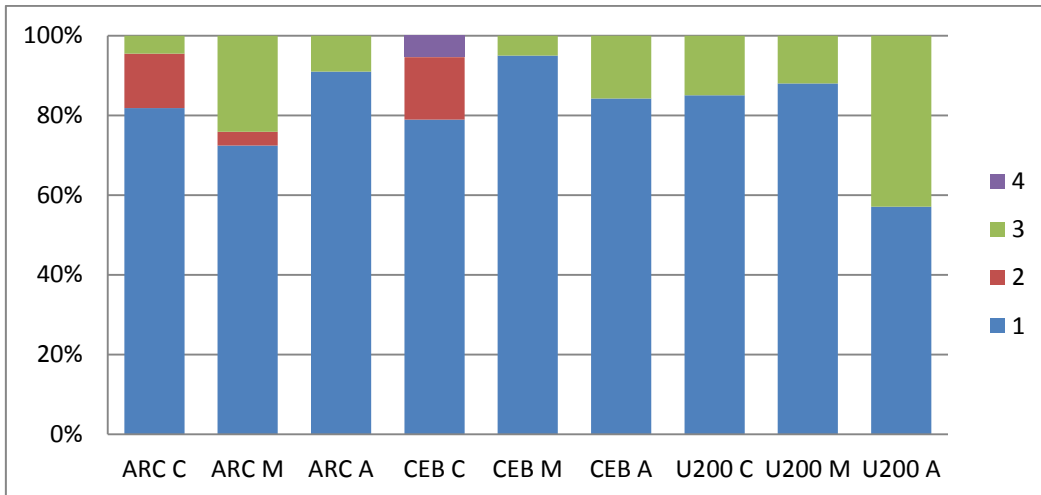


Gráfico 1 – Resultado da análise do modo de fratura para acesso ao conduto pelo terço coronal, onde 1) adesiva entre a dentina e o cimento; 2) adesiva entre o pino e o cimento; 3) mista; 4) coesiva no pino. ARC C – RelyX ARC no terço coronal; ARC M – RelyX ARC no terço médio; ARC A – RelyX ARC no terço apical; CEB C – C&B no terço coronal; CEB M – C&B no terço médio; CEB AA – C&B no terço apical; U200 C – RelyX U200 no terço coronal; U200 M – RelyX U200 no terço médio; U200 A – RelyX U200 no terço apical

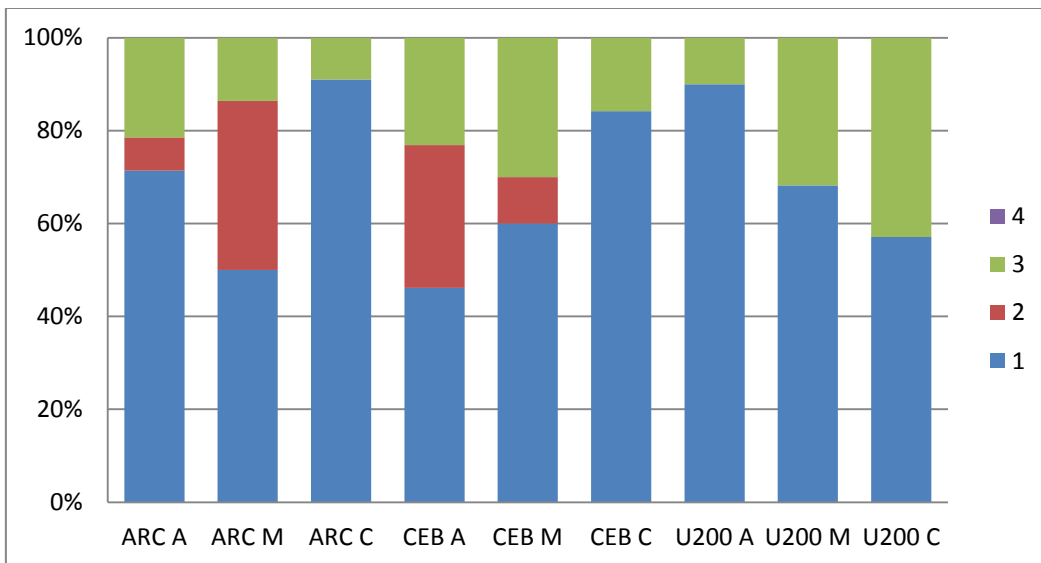


Gráfico 2 – Resultado da análise do modo de fratura, para os diferentes níveis de acesso, avaliados apenas no terço apical, onde 1) adesiva entre a dentina e o cimento; 2) adesiva entre o pino e o cimento; 3) mista; 4) coesiva no pino. Legenda inferior refere ao cimento e o nível de acesso ao conduto, onde: ARC C – RelyX ARC no terço coronal; ARC M – RelyX ARC no terço médio; ARC A – RelyX ARC no terço apical; CEB C – C&B no terço coronal; CEB M – C&B no terço médio; CEB AA – C&B no terço apical; U200 C – RelyX U200 no terço coronal; U200 M – RelyX U200 no terço médio; U200 A – RelyX U200 no terço apical

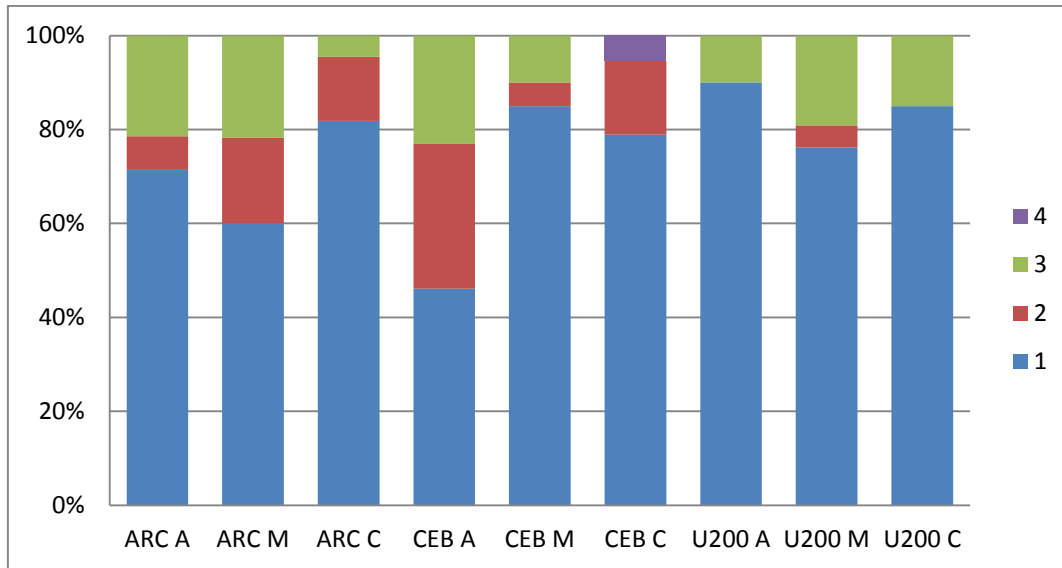


Gráfico 3 – Resultado da análise do modo de fratura para avaliação no terço de acesso ao conduto, onde 1) adesiva entre a dentina e o cimento; 2) adesiva entre o pino e o cimento; 3) mista; 4) coesiva no pino. Legenda inferior refere ao cimento e ao nível de acesso ao conduto, onde ARC C – RelyX ARC no terço coronal; ARC M – RelyX ARC no terço médio; ARC A – RelyX ARC no terço apical; CEB C – C&B no terço coronal; CEB M – C&B no terço médio; CEB AA – C&B no terço apical; U200 C – RelyX U200 no terço coronal; U200 M – RelyX U200 no terço médio; U200 A – RelyX U200 no terço apical

6.3 Microscopia eletrônica de varredura (mev)

Uma linha de cimentação mais homogênea foi observada para todos os sistemas de cimentação quando essa foi avaliada no nível de acesso do conduto. Para os sistemas convencionais de múltiplos passos, foi observada uma camada híbrida bem definida com *tags* de resina no interior dos túbulos dentinários (Figuras 18 e 19). As imagens obtidas do terço apical, nos grupos onde o nível de acesso ao conduto foi o terço coronal, mostraram uma linha não uniforme, com presença de bolhas; para os cimentos convencionais a camada híbrida foi pouco evidente e não foram observados *tags* de resina bem definidos (Figura 20). O cimento U200 apresentou íntimo contato com a dentina, porém não foi observada a formação de camada híbrida ou *tags* de resina, em todas as condições avaliadas (Figura 21).

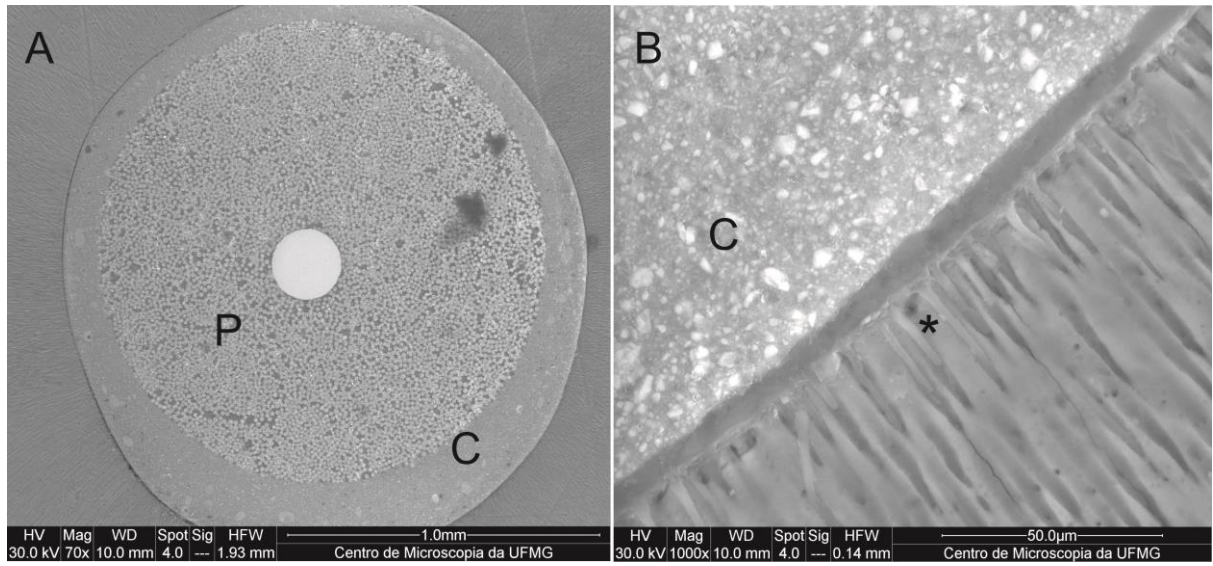


Figura 18 – Sistema ARC/SBMP no terço coronal. A – aumento de 70x. B – aumento de 1000x. Camada híbrida evidente com vários *tags* de resina nos túbulos dentinários. P – pino, C – cimento resinoso e * - *tags* de resina.

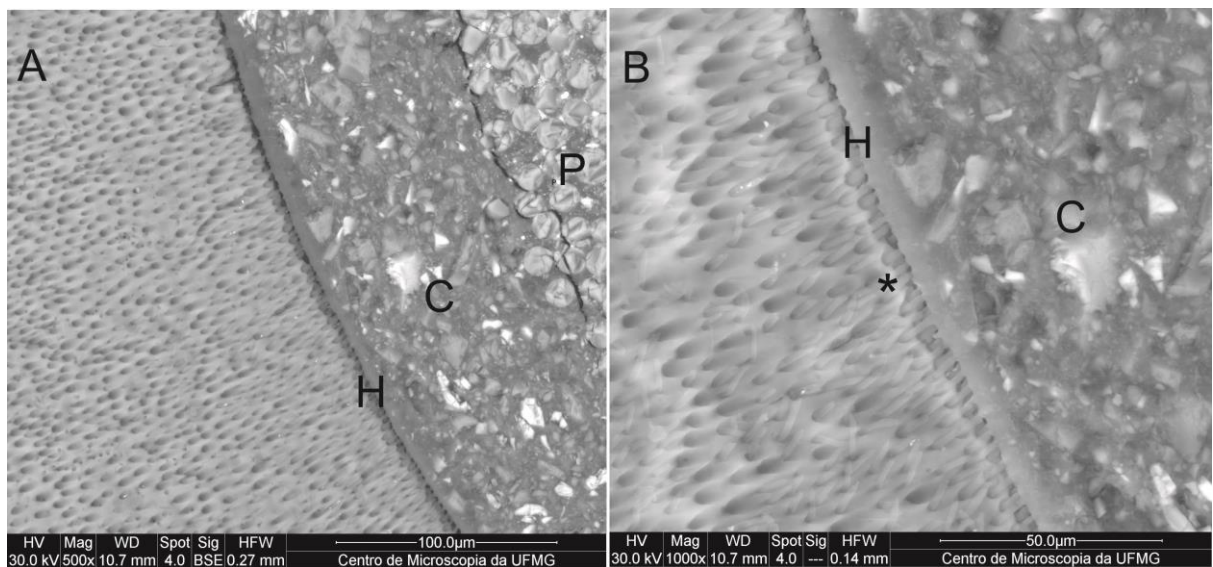


Figura 19 – Sistema C&B/All-Bond 2 no terço apical no grupo no qual o acesso foi realizado no terço apical. A aumento de 500x. B – aumento de 1000x, notar camada híbrida evidente com vários *tags* de resina. H – camada híbrida, C – cimento resinoso, P – pino e * - *tags* de resina.

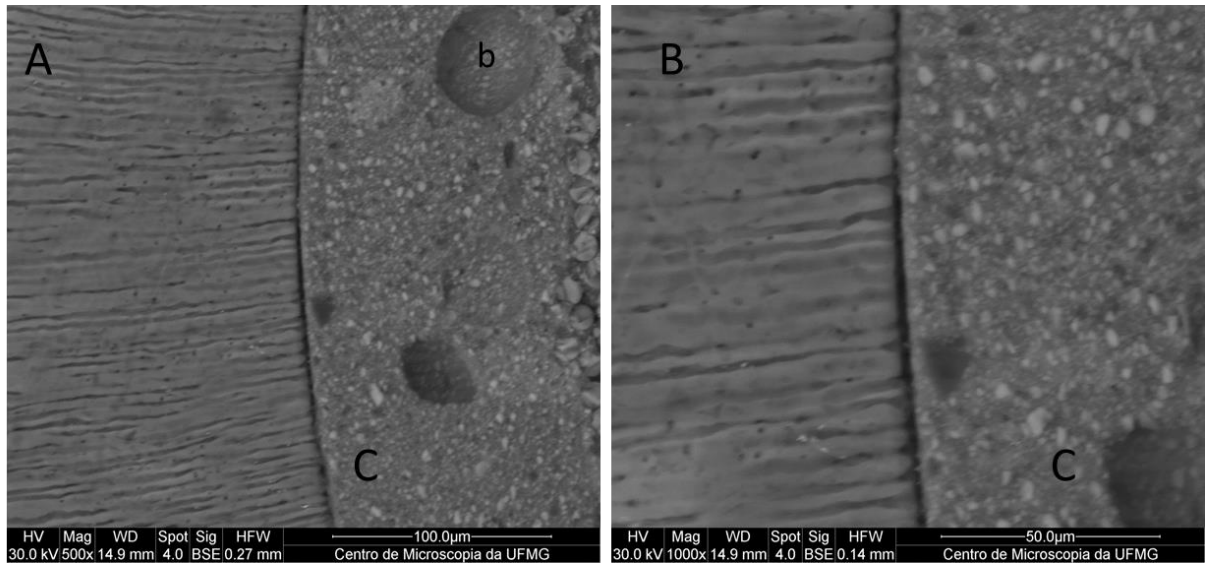


Figura 20 – Sistema ARC/SBMP no terço apical, para o grupo no qual o acesso foi realizado pelo terço coronal. A – aumento de 70x, notar a presença de bolhas; B – aumento de 500x, notar bolhas e a camada híbrida não evidente, sem presença de *tags* de resina aparentes. Onde, b – bolhas, C – cimento.

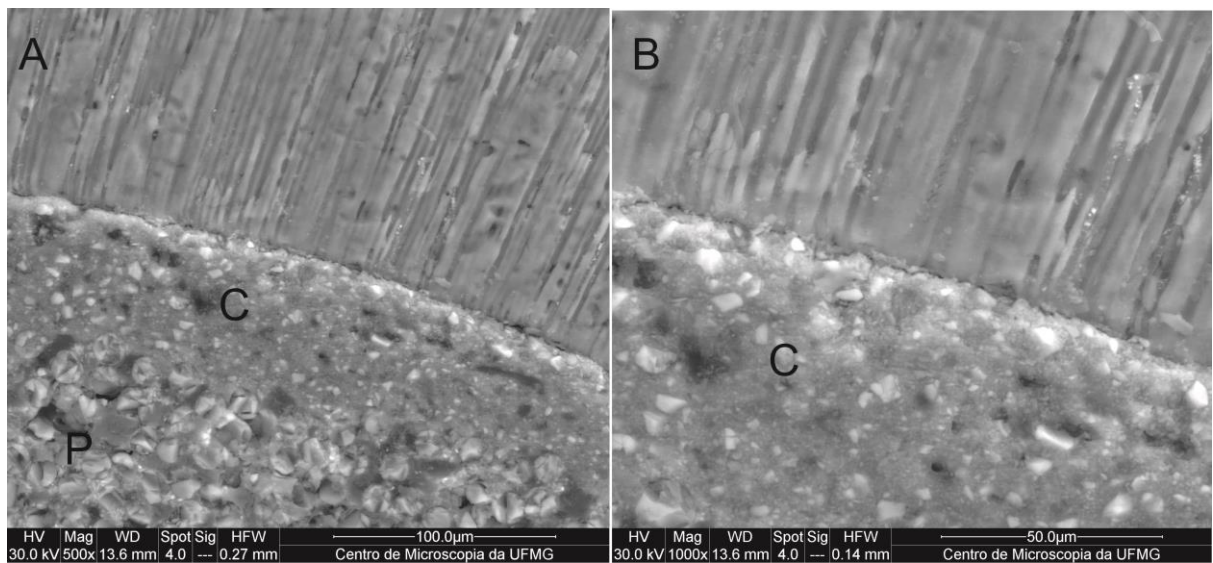


Figura 21 – Sistema resinoso U200, no terço apical, para o grupo no qual o acesso foi realizado no terço apical. A – aumento de 500x; B – aumento de 1000x, notar o cimento em íntimo contato com a dentina, porém não é observada a presença de *tags* de resina evidentes e camada híbrida. Onde, C – cimento e P – Pino.

7 DISCUSSÃO

Sob as condições experimentais empregadas, a hipótese nula primária foi aceita, pois os sistemas resinosos convencionais e autoadesivos estudados apresentaram resistências de união similares e a hipótese nula secundária foi rejeitada, pois a resistência de união foi superior quando o acesso ao conduto foi realizado no terço apical em comparação com o coronal.

Uma revisão sistemática de estudos que compararam a resistência de união de pinos de fibra de vidro fixados com cimentos resinosos duais convencionais e autoadesivos encontrou alto risco de viés, quando os mesmos foram avaliados de acordo com parâmetros de qualidade (SARKIS-ONOFRE *et al.*, 2014). Assim, o presente estudo buscou o controle de diversos aspectos relacionados ao risco de vieses, tais como: cálculo do tamanho amostral mínimo, aleatorização das unidades experimentais; uso de dentes hígidos e padronização das dimensões das raízes; execução do tratamento endodôntico por um único operador; preparo dos condutos e procedimentos de cimentação, por um único operador e uso dos materiais odontológicos, de acordo com as instruções dos fabricantes.

Um aspecto relevante a ser considerado no delineamento de estudos relacionados à adesão é o tipo de substrato utilizado. Com o avanço da odontologia preventiva, a obtenção de um número considerável de dentes humanos extraídos, em condições de higiene, torna-se uma tarefa difícil. Logo, surgiu a necessidade de se utilizar um substrato alternativo ao dente humano, pois a resistência de união dos materiais restauradores adesivos está relacionada com o substrato (SCHILKE *et al.* em 2000). Os dentes bovinos apresentam-se como uma alternativa (SCHILKE *et al.*, 2000; CAMARGO *et al.*, 2007; MATTOS *et al.*, 2008). Apesar do maior número de túbulos dentinários na dentina bovina em comparação com a humana, em ambas é observada uma redução de túbulos do terço coronal para o apical (CAMARGO *et al.*, 2007). Entretanto, a extrapolação dos resultados obtidos com o uso da dentina bovina deve ser feita com cautela, pois a resistência de união ao dente bovino parece ser inferior a dos dentes humanos (MATTOS *et al.*, 2008).

Outro aspecto relevante relacionado aos métodos empregados para avaliar a resistência de união de pinos de fibra cimentados à dentina radicular é a alta heterogeneidade encontrada entre os estudos (SARKIS-ONOFRE *et al.*, 2014). Além disso, a resistência de união ao substrato dentinário é uma variável que apresenta alta instabilidade, devido à variabilidade morfológica da dentina e à influência do operador na execução das técnicas. Estudos prévios apresentaram elevado coeficiente de variação para resistência de união ao *push-out*, sendo observados valores médios em torno de 33,61% (mínimo=4,61%-máximo=113%) (GORACCI *et al.*, 2005; KALKAN *et al.*, 2006; DURÃO-MAURICIO *et al.*, 2007; RADOVIC *et al.*, 2008; KECECI *et al.*, 2008; ONAY *et al.*, 2009; ERDEMIR *et al.*, 2010, GIACHETTI *et al.*, 2011; BITTER *et al.*, 2012) para a dentina radicular humana e de 32,49% (mínimo=14,28%-máximo=80,45%) para dentes bovinos (MENEZES *et al.*, 2008; BERGOLI *et al.*, 2011; CALIXTO *et al.*, 2012; SOARES *et al.*, 2012a; DALEPRANE *et al.*, 2014). No presente estudo, foi observado um coeficiente de variação médio de 37,92% (mínimo=24,66%-máximo=60,11%), que se encontra dentro do intervalo observado nos demais estudos.

Ainda que se considerem as diferenças metodológicas entre os estudos, as médias de resistência de união e desvios-padrão, em MPa, encontradas para os cimentos resinosos no presente estudo (C&B=9,23±3,40; RelyX U200=9,26±3,44 e RelyX ARC=9,49±3,57) são comparáveis aos de estudos prévios (C&B=12,49±4,61; RelyX Unicem ou U100=10,28±3,60; RelyX ARC=9,50±6,49) (DURÃO-MAURICIO *et al.*, 2007., RADOVIC *et al.*, 2008; MENEZES *et al.*, 2008; KECECI *et al.*, 2008; ERDEMIR *et al.*, 2010; GIACHETTI *et al.*, 2011; BERGOLI *et al.*, 2011; CALIXTO *et al.*, 2012; SOARES *et al.*, 2012; BITTER *et al.*, 2012; DALEPRANE *et al.*, 2014), reforçando sua validade interna.

Os resultados da análise do modo de fratura mostram que o elo mais fraco da cimentação de pinos de fibra ao conduto com cimento resinoso é a adesão ao tecido dentinário, com a observação de poucos casos de fratura entre o cimento e o pino (14,5%), assim como em outros relatos encontrados (BURNS, *et al.* 2000; BITTER, *et al.* 2006; RADOVIC, *et al.*, 2008; CECCHIN, *et al.*, 2011; DALEPRANE, *et al.*, 2014). A predominância de fratura adesiva na dentina justifica a opção por não realizar qualquer tratamento de superfície dos pinos, além da sua limpeza. De

acordo com estudos prévios, a silanização não foi capaz de aumentar a resistência de união de pinos de fibra ao conduto (SAHINKESSEN *et al.*, 2011; DANTAS *et al.*, 2012). Além disso, o uso ou não do silano para procedimentos de cimentação de pinos de fibra de vidro é contraditória (BITTER, *et al.* 2006; RADOVIC, *et al.*, 2008; BITTER, *et al.*, 2012; SARKIS-ONOFRE, *et al.*, 2014), e poderia, no presente estudo, representar um fator confundidor adicional.

Para responder ao primeiro objetivo específico proposto neste estudo, foi realizado o acesso ao conduto pelo terço coronal e a avaliação da resistência de união nos diferentes terços da raiz. A resistência de união não foi afetada pelo tipo de cimento nem pela localização no conduto, corroborando alguns estudos prévios (BITTER *et al.*, 2009; GIACHETTI *et al.*, 2011). Estudo de Pereira *et al.*, em 2010, observou que o grau de conversão dos cimentos resinosos não apresentou diferenças ao longo da raiz usando um cimento resinoso dual em associação a um adesivo quimicamente ativado ou um autocondicionante. Entretanto, a redução da resistência de união de coronal para apical era esperada para o Grupo ARC pois, assim como observado em outros estudos, cimentos resinosos duais associados a sistemas adesivos de condicionamento ácido total apresentam redução na resistência de união, devido a fatores como, sensibilidade técnica e impossibilidade de fotopolimerização nas porções mais profundas do canal (GORACCI *et al.*, 2004; DURÃO MAURICIO *et al.*, 2007; MALLMANN *et al.*, 2007, SAHINKESSEN, *et al.*, 2011; SOARES, *et al.*, 2012a; CALIXTO, *et al.*, 2012). A uniformidade da resistência de união ao longo do conduto, observada no presente estudo, e as divergências observadas com alguns estudos podem ser devidas à instabilidade da variável medida e à dificuldade para o controle do processo de cimentação adesiva. O uso do sistema adesivo SBMP, cuja composição inclui o peróxido de benzoíla no catalisador, pode auxiliar a polimerização química do RelyX ARC nas regiões em que a fotoativação não foi efetiva. Embora tenha se evidenciado uma camada híbrida deficiente na porção apical, nesta condição experimental, uma melhor polimerização do cimento resinoso pode ter favorecido a retenção friccional no interior do conduto. Além disso, nessa condição experimental, observou-se um predomínio (74,5%) de fraturas adesivas entre o sistema de cimentação e a dentina. Entretanto, o cimento U200, na porção apical, apresentou uma redução das fraturas adesivas entre o cimento e a dentina, com ligeiro aumento das fraturas mistas, podendo sugerir uma redução das

propriedades mecânicas do cimento, levando a fraturas mistas no cimento, ocasionadas por uma fotoativação deficiente nessa porção do conduto.

Quando avaliou-se a resistência de união apenas no terço apical, com diferentes níveis de acesso ao conduto, para responder ao segundo objetivo específico, observou-se que para todos os sistemas cimentantes utilizados, as menores médias foram registradas para o acesso feito pelo terço coronal. Pode-se observar em MEV que a linha de cimentação apresentou bolhas e ausência de *tags* de resina evidentes. A formação de uma camada híbrida deficiente pode comprometer a resistência de união em uma cimentação adesiva (PERDIGÃO, *et al.*, 2007). Para ARC/SBMP, isso está de acordo com estudos que mostram que cimentos resinosos de dupla ativação são dependentes da fotoativação para alcançar os melhores valores de conversão de monômeros em polímeros (FONSECA *et al.*, 2004; OOOKA *et al.*, 2004; BAENA *et al.*, 2012). Sugere-se que esse menor grau de conversão resultaria em menor resistência de união nas maiores profundidades do conduto, onde a fotoativação não seria efetiva (KALKAN *et al.*, 2006; PERDIGÃO *et al.*, 2007; WANG *et al.*, 2008; ONAY *et al.*, 2009; ERDEMIR *et al.*, 2010; SAHINKESEN *et al.*, 2011; SOARES *et al.*, 2012a; CALIXTO *et al.*, 2012). No grupo onde o acesso ao conduto foi diretamente na porção apical ocorreu melhora significativa da resistência de união entre pino e dentina. Porém, comportamento similar foi observado com o sistema resinoso quimicamente ativado C&B, que teve um aumento significativo na resistência de união nas mesmas condições. Este comportamento não era esperado para C&B que é um cimento resinoso autopolimerizável. Pode-se inferir que um melhor acesso à porção apical do conduto, nessa condição experimental, diminuiu a sensibilidade técnica, pois sistemas resinosos convencionais de múltiplos passos baseiam-se no uso de sistemas adesivos com condicionamento ácido total, associados a uma resina composta de baixa viscosidade. Essa técnica de aplicação com múltiplos passos é complexa e sensível, podendo comprometer a qualidade da união (GOMES *et al.*, 2012; ALEISA *et al.*, 2013; PEREIRA *et al.*, 2013). Um dos aspectos relacionados à sensibilidade técnica dos sistemas de múltiplos passos é a evaporação do solvente, pois a presença de água ou solvente orgânico na mistura do adesivo pode comprometer o desempenho de sistemas adesivos (KLEIN-JÚNIOR *et al.*, 2008; LUQUE-MARTINEZ *et al.*, 2014). Uma maior evaporação do solvente dos sistemas de três passos pode ter sido favorecida pelo acesso no terço

apical da raiz, promovendo o aumento da resistência de união observado nesta condição experimental. Além disso, na condição em que o acesso foi direto no terço apical do conduto, o menor volume de cimento e o fator C mais favorável podem ter reduzido a tensão de contração de polimerização, melhorando, assim, a resistência de união ao conduto (BOUILLAGUET *et al.*, 2003; ISHIKIRIAMA, *et al* 2013). Para os cimentos C&B e ARC, a análise do padrão de fraturas, nessa condição experimental, mostrou menor percentual de fraturas entre o cimento e a dentina, associadas aos maiores valores de resistência de união e uma camada híbrida mais uniforme. Esses achados podem indicar uma melhor interação dos sistemas resinosos de cimentação com a dentina. Para U200, quando o acesso foi realizado diretamente no terço apical, houve maior número de fraturas adesivas entre o cimento e a dentina, ao passo que quando o acesso foi pelo terço coronal ocorreu aumento nas fraturas mistas. As fraturas mistas podem estar associadas a uma redução das propriedades mecânicas desse cimento, associada a uma fotoativação pouco efetiva.

Quando se avaliou a resistência de união no mesmo terço radicular de acesso ao conduto, para responder ao terceiro objetivo específico, para todos os sistemas cimentantes, as menores médias foram observados para o terço coronal. Esses achados podem estar relacionados ao fato de a dentina no terço coronal apresentar maior quantidade de túbulos (FERRARI *et al.*, 2000; MANNOCCI *et al.*, 2004; MALYK *et al.*, 2010), e, portanto, menos dentina intertubular, a qual está associada aos melhores padrões de adesão (GIANINI *et al.*, 2001; TOBA *et al.*, 2003; LOPES *et al.*, 2006). Além disso, o estudo de Bitter *et al.* (2009) demonstrou que o número de *tags* de resina formados no interior dos túbulos dentinários não é diretamente proporcional à resistência de união. Embora a dentina no terço apical possa apresentar maior probabilidade de presença de resíduos do tratamento endodôntico (SERAFINO *et al.*, 2004), o presente estudo demonstrou que a resistência de união parece estar mais relacionada aos efeitos da sensibilidade da técnica de aplicação do sistema de cimentação intraradicular. Além disso, o menor volume de cimento, o fator C mais favorável e as características da dentina podem ter efeitos determinantes para o aumento da resistência de união no terço apical. Torna-se importante avaliar se, a despeito da maior resistência de união observada no terço apical, ocorre comprometimento da qualidade da polimerização dos cimentos em

função da limitação de acesso da luz. A análise do modo de fratura, nessa condição experimental, mostrou que os cimentos ARC e U200 apresentaram, para todas as condições, um predomínio de fraturas adesivas entre o sistema de cimentação e a dentina, enquanto para o C&B houve redução neste tipo de fratura apenas para o grupo onde o acesso ao conduto foi feito diretamente no terço apical.

O cimento autoadesivo U200 requer uma técnica de aplicação simplificada. O desempenho do RelyX U100 (precursor do U200) ao longo do conduto foi semelhante ao de cimentos resinosos autopolimerizáveis, mostrando que este cimento parece ser menos dependente da luz para alcançar maiores valores de resistência de união. (CALIXTO *et al.*, 2012). Sua composição apresenta monômeros ácidos multifuncionais, os quais formam uma união com a matriz do cimento durante sua polimerização, gerando resistência mecânica, estabilidade e adesão à estrutura dental. Durante a polimerização, os monômeros ácidos reagem com os componentes de carga do cimento e com a hidroxiapatita da dentina; essa reação eleva o pH. Com essa reação, o produto adquire propriedades hidrofóbicas, baixo coeficiente de expansão e de solubilidade, características importantes para sua durabilidade. Esse mecanismo de ação é o responsável pela união química do cimento com o cálcio da hidroxiapatita, não sendo dependente de retenção micromecânica para promover resistência de união (GERTH *et al.*, 2006; RADOVIC, *et al.*, 2008; SASKALAUŠKAITE *et al.*, 2008; ERDEMIR, *et al.*, 2010; BERGOLI *et al.*, 2011; SARKIS-ONOFRE *et al.*, 2014). No presente estudo, as imagens obtidas em MEV permitem observar o íntimo contato entre o cimento e o tecido dentinário, porém sem a presença de *tags*. Foi demonstrado, previamente, que o nível de acesso ao conduto para aplicação do cimento não influenciou a resistência de união do RelyX U100 ao conduto radicular (DALEPRANE *et al.*, 2014). Entretanto, no presente estudo, observou-se que a resistência de união do U200 foi influenciada pelo local de acesso ao conduto, assim como para os demais cimentos avaliados. Esses achados podem indicar que a modificação das propriedades reológicas do RelyX U200 em comparação ao seu precursor, RelyX U100, podem ter influenciado as propriedades mecânica do cimento. Além disso, D'Alpino *et al.*, em 2015, demonstraram que U200 apresentou maior conversão de monômeros em polímeros e união com a hidroxiapatita quando foi realizada a fotoativação.

Outros fatores, além do acesso a toda extensão do canal, parecem ter influenciado a resistência de união dos pinos de fibra de vidro, dentre os quais podemos destacar: os passos envolvidos na aplicação do sistema de cimentação e o volume de cimento utilizado. Portanto, o clínico deve ter o controle de cada etapa operatória, especialmente quando são utilizados sistemas adesivos de condicionamento ácido total, a fim de minimizar falhas. Recomenda-se o uso de materiais e técnicas de cimentação que facilitem o acesso para preparo do substrato e polimerização dos sistemas resinosos, em toda a extensão do conduto radicular. Estudos futuros são necessários para verificar o efeito dos fatores estudados no grau de conversão dos monômeros resinosos, assim como a longevidade da união alcançada.

8 CONCLUSÃO

- Na situação em que o acesso ao conduto foi feito no terço coronal da raiz e a resistência de união foi avaliada nos diferentes terços, os sistemas de cimentação comportaram-se de maneira semelhante, ao longo de todo o conduto radicular.
- Quando a avaliação da resistência de união foi realizada apenas no terço apical, para todos os cimentos resinosos estudados, o acesso apical promoveu maior resistência de união que o acesso coronal.
- Quando a avaliação da resistência de união foi realizada no mesmo terço de acesso ao conduto, para todos os cimentos resinosos estudados, o terço apical apresentou resistência de união superior ao terço coronal.

REFERÊNCIAS

ALEISA, K. et al. Effect of luting agents on the tensile bond strength of glass fiber posts: An in vitro study. **J Prosthet Dent**, v. 110, p.216-222, 2013.

ARTOPOULOU, II; O'KEEFE, K. L.; POWERS, J. M. Effect of core diameter and surface treatment on the retention of resin composite cores to prefabricated endodontic posts. **J Prosthodont**, v. 15, n. 3, p. 172-9, May-Jun 2006.

BAENA, E. et al. Influence of post-cure time on the microhardness of self-adhesive resin cements inside the root canal. **Oper Dent**, Feb 2012.

BALBOSH, A.; KERN, M. Effect of surface treatment on retention of glass-fiber endodontic posts. **J Prosthet Dent**, v. 95, n. 3, p. 218-23, Mar 2006.

BALDISSARA, P. et al. Effect of root canal treatments on quartz fiber posts bonding to root dentin. **J Endod**, v. 32, n. 10, p. 985-8, Oct 2006.

BERGOLI, C. D. et al. Evaluation of four cementation strategies on the push-out bond strength between fiber post and root dentin. **Gen Dent**, v. 59, n. 6, p. 498-502, Nov-Dec 2011.

BITTER, K. et al. Effects of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentine. **Int Endod J**, v. 39, n. 10, p. 809-18, Oct 2006.

_____. Morphological and bond strength evaluation of different resin cements to root dentin. **Eur J Oral Sci**, v. 117, p. 326-333, 2009.

_____. Reliability of fiber post bonding to root canal dentin after simulated clinical function in vitro. **Oper Dent**, v.37, n.4, p.397-405, Feb 2012.

BOLLA, M. et al. Root canal posts for the restoration of root filled teeth. **Cochrane Database Syst Rev**, n. 1, p. CD004623, 2007.

BONFANTE, E. A. et al. SEM observation of the bond integrity of fiber-reinforced composite posts cemented into root canals. **Dent Mater**, v. 24, n. 4, p. 483-91, Apr 2008.

BONFANTE, G. et al. Tensile bond strength of glass fiber posts luted with different cements. **Braz Oral Res**, v. 21, n. 2, p. 159-64, Apr-Jun 2007.

BOUILLAGUET, S. et al. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. **Dent Mater**, v. 19, n. 3, p. 199-205, May 2003.

BRAGA, R.R. et al. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. **Journal of Oral Rehabilitation**, v.29, n.3, p. 257-62, 2002.

BURNS, D. R. et al. Effect of endodontic sealers on dowels luted with resin cement. **J Prosthodont**, v. 9, n. 3, p. 137-41, Sep 2000.

CALIXTO, L. R. et al. Effect of resin cement system and root region on the push-out bond strength of a translucent fiber post. **Oper Dent**, v. 37, n. 1, p. 80-86, Jan-Feb 2012.

CAMARGO, C.H.R. et al. Topographical, diametral, and quantitative analysis of dentin tubules in the root canals of human and bovine teeth. **J Endod**, v.33, p. 422-426, 2007.

CECCHIN, D. et al. Effect of root canal sealers on bond strength of fibreglass posts cemented with self-adhesive resin cements. **Int Endod J**, v. 44, n. 4, p. 314-320, Apr 2011.

CHEUNG, W. A review of the management of endodontically treated teeth - Post, core, and the final restoration. **JADA**, v. 136, n. 5, p. 611-619, May 2005.

DALEPRANE, B. et al. The effect of light-curing access and different resin cements on apical bond strength of fiber posts. **Oper Dent**, v.39, n.2, p E93-100, 2014.

DANTAS, M.C.C. et al. Comparison between the effect of plasm and chemical treatments on fiber post surface. **J Endod**, v.32, p.215-218, 2012.

D'ALPINO, P.H.P et al. The effect of polymerization mode on monomer conversion, free radical entrapment, and interaction with hydroxyapatite of commercial self-adhesive cements. **J Mech Behav Biomed Mater**, v.46, p.83-92, 2015.

DURÃO MAURICIO, P. J. et al. Comparison of regional bond strength in root thirds among fiber-reinforced posts luted with different cements. **J Biomed Mater Res B Appl Biomater**, v. 83, n. 2, p. 364-72, Nov 2007.

ERDEMIR, U. et al. Micro push-out bond strengths of 2 fiber post types luted using different adhesive strategies. **Oral Surgery Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 110, n. 4, p. 534-544, Oct 2010.

FERRARI, M. et al. Bonding to root canal: Structural characteristics of the substrate. **Am J Dent**, v. 13, n. 5, p. 255-260, Oct 2000a.

_____. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. **Am J Dent**, v. 13, n. Spec No, p. 9B-13B, May 2000b.

FONSECA, R. G.; CRUZ, C. A.; ADABO, G. L. The influence of chemical activation on hardness of dual-curing resin cements. **Braz Oral Res**, v. 18, n. 3, p. 228-32, 2004 Jul-Sep 2004.

FOXTON, R.M. et al. Adhesion to root canal dentine using one and two-step adhesives with dual-cure composite core materials. **J Oral Rehabil**. v.32, n.2, p.97-104, 2005.

GALHANO, G. A. et al. Evaluation of light transmission through translucent and opaque posts. **Oper Dent**, v. 33, n. 3, p. 321-324, May-Jun 2008.

GERTH, H. U. et al. Chemical analysis and bonding reaction of RelyX Unicem and Bifix composites--a comparative study. **Dent Mater**, v. 22, n. 10, p. 934-41, Oct 2006.

GIACHETTI, L. et al. Push-out strength of translucent fibre posts cemented using a dual-curing technique or a light-curing self-adhering material. **Int Endod J**, v. 45, n. 3, p. 249-256, Mar 2011.

GIANNINI, M.; et al. The influence of tubule density and areas of solid dentin on bond strength of two adhesive systems to dentin. **J Adhes Dent**, v.3, n.4, p.315-324, 2001.

GOMES, G. et al. Effect of operator experience on the outcome of fiber post cementation with different resin cements. **Oper Dent**, v.38, n.5, p.555-564 Dec 5 2012.

GORACCI, C. et al. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. **Eur J Oral Sci**, v. 112, n. 4, p. 353-61, Aug 2004.

_____. The contribution of friction to the dislocation resistance of bonded fiber posts. **J Endod**, v. 31, n. 8, p. 608-12, Aug 2005.

_____.Light-transmitting ability of marketed fiber posts. **J Dent Research**, v. 87, n. 12, p. 1122-1126, Dec 2008.

ISHIKIRIAMA, S.K. et al. Influence of volume and activation mode on polymerization shrinkage forces of resin cements. **Braz Dent J**, v.24, n.4, p.326-329. 2013.

KALKAN, M. et al. Bond strength between root dentin and three glass-fiber post systems. **J of Prosthet Dent**, v. 96, n. 1, p. 41-46, Jul 2006.

KECECI, A. D.; KAYA, B. U.; ADANIR, N. Micro push-out bond strengths of four fiber-reinforced composite post systems and 2 luting materials. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 105, n. 1, p. 121-8, Jan 2008.

KLEIN-JÚNIOR, C. A. et al. Evaporating solvents with a warm air-stream: Effects on adhesive layer properties and resin–dentin bond strengths. **J Dent**, v.36, p.618-625, 2008.

LOPES, G.C.; et al. Dentin bond strengths of simplified adhesive: effect of dentin depth. **Compend Contin Educ Dent**, v.27, n.6, p. 330-345, June 2006.

LUQUE-MARTINEZ, I.V. et al. Effects of solvent evaporation time on immediate adhesive properties of universal adhesives to dentin. **Dent Mater**, v. 30, p. 1126-1135, 2014.

MALLMANN, A. et al. Microtensile bond strength of photoactivated and autopolymerized adhesive systems to root dentin using translucent and opaque fiber-reinforced composite posts. **J Prosthet Dent**, v. 97, n. 3, p. 165-72, Mar 2007.

MALYK, Y. et al. Analysis of resin tags formation in root canal dentine: a cross sectional study. **Int Endod J**, v. 43, n. 1, p. 47-56, Jan 2010.

MANNOCCI, F. et al. Density of dentinal tubules affects the tensile strength of root dentin. **Dent Mater**, v. 20, n. 3, p. 293-296, Mar 2004.

MATTOS, I. C. et al. Utilização de dentes bovinos como possível substituto aos dentes humanos nos testes in vitro: revisão de literatura. **UFES Rev Odontol**, v. 10, n.2, p. 58-63, 2008.

MENEZES, M. S. et al. Influence of endodontic sealer cement on fibreglass post bond strength to root dentine. **Int Endod J**, v. 41, n. 6, p. 476-84, Jun 2008.

MORGAN, L. F. S. A. et al. Light transmission through a translucent fiber post. **J Endod**, v. 34, n. 3, p. 299-302, Mar 2008.

MONTANARI, M.; PRATI, C.; PIANA, G. Differential hydrolytic degradation of dentin bonds when luting carbon fiber posts to the root canal. In: (Ed.). **Med Oral Patol Oral Cir Bucal**. Spain, v.16, 2011. p.e411-7.

MUNIZ, L.; MATHIAS, P. The influence of sodium hypochlorite and root canal sealers on post retention in different dentin regions. **Oper Dent**, v. 30, n. 4, p. 533-539, Jul-Aug 2005.

NAUMANN, M. et al. Is adhesive cementation of endodontic posts necessary? **J Endod**, v. 34, n. 8, p. 1006-10, Aug 2008.

_____ 10-year Survival Evaluation for Glass-fiber-supported Postendodontic Restoration: A Prospective Observational Clinical Study. **J Endod**, v. 38, n. 4, p. 432-5, Apr 2012.

OHLMANN, B. et al. 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**, v. 36, n. 1, p. 87-92, Jan 2008.

ONAY, E. O.; 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**, v. 43, n. 4, p. 259-268, Apr 2009.

OOOKA, S. et al. Influence of adhesive polymerization mode on dentin bond strength of direct core foundation systems. **J Oral Sci**, v. 46, n. 3, p. 185-9, Sep 2004.

PEGORETTI, A. et al. Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. **Biomaterials**, v. 23, n. 13, p. 2667-2682, Jul 2002.

PERDIGÃO, J.; GOMES, G.; AUGUSTO, V. The effect of dowel space on the bond strengths of fiber posts. **J Prosthodont**, v. 16, n. 3, p. 154-64, 2007 May-Jun 2007.

PEREIRA, P. C. et al. The adhesive system and root canal region do not influence the degree of conversion of dual resin cement. **J Appl Oral Sci**, v. 18, n. 5, p. 477-481, Sep-Oct 2010.

PEREIRA, J.R. et al. Push-out bond strengths of different dental cements used to cement glass fiber posts. **J Prosthet Dent**, v.110, p.134-140, 2013.

PEREIRA, J.R. et al. The influence of different cements on the pull-out bond strength of fiber post. **J Prosthet Dent**, v.112, p.59-63, 2014.

RADOVIC, I. et al. Evaluation of the adhesion of fiber posts cemented using different adhesive approaches. **Eur J Oral Sci**, v. 116, n. 6, p. 557-563, Dec 2008.

SAHINKESEN, G. et al. The effect of post surface silanization and luting agents on the push-out bond strengths of adhesively inserted fiber reinforced posts. **Intl J Adhesion Adhesives**, v.31, n.4, p. 265-270, 2011.

SARKIS-ONOFRE, R. et al. The role of resin cement on bond strength of glass-fiber posts luted into root canals: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. **Oper Dent**, v. 39, n.1, E31-E44, 2014

SASKALAUŠKAITE, E.; TAM, L. E.; MCCOMB, D. Flexural strength, elastic modulus, and pH profile of self-etch resin luting cements. **J Prosthodont**, v. 17, n. 4, p. 262-8, Jun 2008.

SCHILKE, R. et al. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. **Arch Oral Biol**, v.45, p.355-361, 2000.

SCHWARTZ, R. S.; MURCHISON, D. F.; WALKER, W. A., 3RD. Effects of eugenol and noneugenol endodontic sealer cements on post retention. **J Endod**, v. 24, n. 8, p. 564-7, Aug 1998.

SERAFINO, C. et al. Surface debris of canal walls after post space preparation in endodontically treated teeth: a scanning electron microscopic study. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 97, n. 3, p. 381-7, Mar 2004.

SIGNORE, A. et al. Long-term survival of endodontically treated, maxillary anterior teeth restored with either tapered or parallel-sided glass-fiber posts and full-ceramic crown coverage. **J Dent**, v. 37, n. 2, p. 115-21, Feb 2009.

SILVA, N. R. et al. Influence of different post design and composition on stress distribution in maxillary central incisor: Finite element analysis. **Indian J Dent Res**, v. 20, n. 2, p. 153-8, Apr-Jun 2009.

SOARES, C. J. et al. Influence of resin cement and post configuration on bond strength to root dentine. **Int Endod J**, v. 45, n. 2, p. 136-145, Feb 2012a.

_____. Longitudinal clinical evaluation of post systems: a literature review. **Braz Dent J**, v. 23, n. 2, p. 135-740, Apr 2012b.

STERZENBACH, G.; FRANKE, A.; NAUMANN, M. Rigid versus flexible dentine-like endodontic posts--clinical testing of a biomechanical concept: seven-year results of a randomized controlled clinical pilot trial on endodontically treated abutment teeth with severe hard tissue loss. **J Endod**, v. 38, n. 12, p. 1557-63, Dec 2012.

THEODOSOPOULOU, J. N.; CHOCHLIDAKIS, K. M. A systematic review of dowel (Post) and core materials and systems. **J Prosthodont**, v. 18, n. 6, p. 464-472, Aug 2009.

TOBA, S. et al. Micro-shear bond strength of adhesive resins to coronal dentin versus the floor of the pulp chamber. **Am J of Dent**, v.17, n.1, p. 7-12, 2003.

WANG, V. J. J. et al. Effect of two fiber post types and two luting cement systems on regional post retention using the push-out test. **Dent Mater**, v. 24, n. 3, p. 372-377, Mar 2008.

PRODUÇÃO INTELECTUAL DESENVOLVIDA DURANTE O CURSO

DALEPRANE, B., PEREIRA, C. N. B., BUENO, A. C., MOREIRA, A.N., MAGALHAES, C. S. The access level to the root canal affects bond strength of fiber posts luted with different resin cements – Artigo a ser submetido ao Journal Prosthetic Dentistry. (Anexo1)

DALEPRANE, B., PEREIRA, C. N. B., OREFICE, R. L., BUENO, A. C., VAZ, R. R., MOREIRA, A.N., MAGALHAES, C. S. The effect of light-curing access and different resin cements on apical bond strength of fiber posts, **Oper Dent**, v.39, n.2, p E93-100, 2014. (Anexo 2)

PEREIRA, C. N. B.; MAGALHÃES, CS ; DALEPRANE, B; PEIXOTO, R.; FERREIRA, R. ; CURY, L. ;MOREIRA, A.N.. Halogen and LED light transmission trough a lithium disilicate glass-ceramic.. In: IADR General Session, 2014, Cape Town. **IADR webprogram**.

MIRANDA, G. L. ;DALEPRANE, B; BUENO, AC ; MOREIRA, ALLYSON N. ;MAGALHAES, C. S.. Efeito de sistemas de cimentação resinosos e do nível de acesso ao canal na resistência ao cisalhamento por extrusão de pinos de fibra de vidro. In: **50o Encontro do Grupo Brasileiro de Materiais Dentários**, PELOTAS. GBMD, 2014.

PEREIRA, C. N. B., DALEPRANE, B., BARBOSA, P. F., MOREIRA, A.N., MAGALHAES, C. S. Qualitative evaluation of Scanning Electron Microscopy methods in a study of the resin cement/dentin adhesive interface. **Microscopy and Microanalysis**. v. 20, p. 1-8, 2013. (Anexo 3)

DALEPRANE, B., PEREIRA, C. N. B., MOREIRA, A.N., VAZ, R. R., MAGALHAES, C.S. Avaliação qualitativa de dois protocolos de obtenção de imagens para caracterização morfológica da interface adesiva em dentina In: 30 Reunião Anual da SBPqO, 2013, Águas de Lindóia. **Brazilian Oral Research**. , 2013. v.27. p.183 – 183.

DALEPRANE, B., VAZ, R. R., PEREIRA, C. N. B., BUENO, A. C., OREFICE, R. L., MOREIRA, A.N., MAGALHAES, C. S. Different Light-Curing Accesses Affects Apical Bond Strength of Fiber Posts In: 91st General Session & Exhibition of the IADR, 2013, Seattle. **Program Book.** , 2013. p.210 – 210.

PEREIRA, C. N. B.; DALEPRANE, B. ; SILVA, E. H. ; MAGALHAES, C. S. ; MOREIRA, A.N. . Comparação entre duas técnicas de inserção de um cimento resinoso para fixação de pinos intrarradiculares de fibra de vidro. In: 49o. Encontro Grupo Brasileiro de Materiais Dentários, 2013, Piracicaba. **Brazilian Journal of Oral Science**, 2013. v. 12. p. 271.

PEREIRA, C. N. B., DALEPRANE, B., MAGALHAES, C. S., VAZ, R. R., MOREIRA, A.N. Ultramorfologia da interface adesiva entre cimentos autoadesivos e dentina ou esmalte bovinos sob diferentes tratamentos de superfície In: 30 Reunião da SBPqO, 2013, Águas de Lindóia. **Brazilian Oral Research.** , 2013. v.27. p.182 – 182.

ANEXOS

Anexo 1

The access level to the root canal affects bond strength of fiber posts luted with different resin cements

Running Title: bond strength of fiber posts

Abstract

Purpose: This *in vitro* study assessed the effect of the access level to the root canal on the bond strength of fiber glass posts luted with different resin cements along the root canal. **Materials and Methods:** 135 roots of bovine teeth were endodontically treated, prepared with 15-mm-length post space and divided according to the access level to the canal: coronal (with 15-mm-length post space), middle (with 10-mm-length post space), and apical (with 5-mm-length post space). Fiberglass posts (Reforpost # 3, Angelus) were luted using the following cements: dual-cured cement with three-step etch-and-rinse adhesive system (RelyX ARC/Adper Scotchbond Multi-Purpose Plus, 3M ESPE), and dual self-adhesive cement (RelyX U200, 3M ESPE), and a control self-cured resin cement and etch-and-rinse adhesive system (C&B/All-Bond 2, Bisco), forming 9 groups (n=15). After 24 hours, specimens were sectioned and subjected to the push-out test. The maximum extrusion load was recorded (0.5 mm/min, 200 N). Data were analyzed using ANOVA and Tukey's test ($p < 0.05$). **Results:** When the bond strength was evaluated at the apical third, only the light access level showed a significant effect ($p = 0.029$); bond strength was higher when the access was made directly to the apical third than in the coronal third ($p = 0.022$). When the bond strength was measured in the same third of access canal, the apical third exhibited higher values than the coronal third ($p = 0.001$), for all cements. **Conclusion:** The bond strength on the apical third showed to be more affected by the lack of photoactivation. The resin cements evaluated did not affect the fiber post bond strength.

Keywords – Resin cements, Post and core technique, Dentin-bonding agents, Permanent Dental Restorations, Dentine, Adhesives

INTRODUCTION

In certain clinical situations, endodontically treated teeth require additional retention using cores and root posts to allow the coronary reconstruction (1). Compared with metal posts, fiberglass posts present, in addition to aesthetic benefits, a modulus of elasticity similar to that of dentin and a more homogeneous stress distribution pattern in the tooth root (2).

Despite reports of clinical success with the use of resin cements for the fixation of fiber posts in the root canal, this procedure requires a meticulous technique (1,3). The main reported failures have been fractures and post decementation (4-7). Many factors can influence the bond strength, like: endodontic treatment, adhesive manipulation, the photoactivation, and dentine morphology. Products resulting from endodontic treatment prior to post cementation can influence the bonding quality (8-11). The depth is also a factor that hinders visualizing and accessing the entire canal length and this may affect the application and evaporation of the adhesive system and residual water and/or solvent may compromise the performance of adhesives (12,13). The light transmitted to the deepest parts of the canal is insufficient for activating the polymerization of resin cements, even using translucent posts (15-17). It is known that dual activation resin cements are dependent on light curing to achieve optimum monomer conversion (18-20).

Other factors that may influence this process are the density and diameter of dentinal tubules, which vary at different depths of the root, decreasing from coronal to apical (21-23). The number of resin tags formed in the dentinal tubules is not directly proportional to the bond strength (25). Moreover, the lower density of tubules in the coronary dentin is associated with higher bond strength (25-27).

Some of these factors explain, at least in part, the observations that the bond strength of resin cements is lower in the apical third of the root (28-34). Nonetheless, some authors have found no significant differences in the bond strength in different parts of the canal root (24, 35, 36). In clinical practice, the resin cement photoactivation throughout the entire root canal would not be viable. In a previous study, considering a hypothetical experimental condition, photoactivation directly in the apical third of the canal did not affect the bond strength of self-adhesive resin cement to the apical dentine, but increased the bond strength of a resin cement with a three-step etch-and-rinse adhesive system (37). However, the proposed experimental model considered the ideal hypothetical condition of the direct incidence of light on the different root thirds to evaluate its effect on the bond strength at coronal, middle and apical thirds. Furthermore, it allowed comparing a conventional dual and a self-adhesive dual resin cement with a chemically activated cement that does not require light for the activation of polymerization.

Considering that clinical follow-up studies found decementation as one of the most frequent cause of failure, this study aimed to evaluate the effect different levels of access to the root canal on the bond strength of fiber glass posts luted with dual-

cured resin cements and a self-cured resin cement used as control. The null hypothesis was that the access level to the root canal does not influence the bond strength of root posts luted with dual conventional, self-adhesive or self-cured resin cements.

Materials and Methods

Study Design:

This experimental *in vitro* study was designed according to a randomized complete block model. The studied factors were the the access levels to the root canal (coronal, middle and apical) and resin cements (RelyX ARC/SBMP, RelyX U200, C&B/All Bond 2). The experimental units were 135 roots of bovine teeth divided into nine randomized complete blocks, with one repetition of each experimental condition (n=15). The dependent variable was the bond strength (MPa) of posts cemented to the root canal, measured in the coronal, middle and apical thirds.

Sampling:

To determine the sample size, the estimated effect size = 0.25, type I error = 0.05 and power = 0.80 were considered, totaling n=135 (GPower 3.1.7, Franz Faul, University Kiel, Germany). One hundred thirty-five lower anterior bovine teeth with similar dimensions were extracted, cleaned and stored in water for up to three months. The crowns were sectioned at the cement-enamel junction with a diamond disk (KG Sorensen, Cotia, SP, Brazil) using a low-speed handpiece under air/water refrigeration. The root length was standardized at 19.0 mm.

Root Canal Treatment:

Root canal treatment was performed by a single operator using rotary instruments (Xmart, Dentsply, Petrópolis, RJ, Brazil) with Easy Pro-design files (Easy, Belo Horizonte, MG, Brazil) and irrigation with 2.5% sodium hypochlorite solution. After instrumentation, the canals were irrigated with EDTA solution (Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brazil) and obturated by the thermoplastic technique using Thermo Pack WL (Easy, Belo Horizonte, MG, Brazil), gutta-percha cones and epoxy-based resin cement AH Plus (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brazil). Next, the roots were stored in distilled water at 37°C for seven days.

Post Space Preparation:

The post space preparation was made using Largo burs # 2 to # 5 as recommended by the post manufacturer (Reforpost # 3, Angelus Ind., Londrina, PR, Brazil). The post-space length was 15 mm, maintaining 4-mm apical filling material.

Random Assigning Groups:

Initially, the roots were randomly divided into three groups representing the access levels to the root canal: in the coronal third (15-mm length post space preparation); in the middle third (5 mm corresponding to the cervical third were removed, leaving 10-mm length post space preparation); and access level in the apical third (10 mm corresponding to the cervical and middle thirds were removed, leaving 5-mm length post space preparation) (Figure 1).

Subsequently, the roots were randomly divided into the following three groups according to the resin cements: ARC – dual-cured resin cement and three-step etch-and-rinse adhesive system - RelyX ARC/Adper Scotchbond Multi-Purpose Plus (3M ESPE, St Paul, MN, USA); and U200 – self-adhesive resin cement - Rely X U200 (3M ESPE, St Paul, MN, USA), C&B - self-cured resin cement and etch-and-rinse adhesive system (control) - C&B/All-Bond 2 (Bisco, Inc., Schaumburg, IL, USA). The composition, the batch and the manufacturers of the materials used are shown in Table 1.

Posts Cementation:

The roots were positioned with their long axis perpendicular to the ground on a basis of composite resin, made to provide support at the time of cementation. The root surfaces were covered with black adhesive tape to protect them from the incidence of external light interference.

Each post was cleaned with 37% phosphoric acid (37 Condac, FGM, Joiville, SC, Brazil) during 30 seconds, followed by rinsing with water for 60 seconds and drying with compressed air. No other surface treatment was performed on the post surfaces.

For the cementation with RelyX ARC/SBMP, dentin was etched with 37% phosphoric acid (37 Condac) for 15 seconds, followed by rinsing with water using an irrigation syringe and drying with absorbent paper points. The SBMP adhesive system (activator, primer and catalyst) was sequentially applied with microbrush (Brush fine, KG Sorensen, Cotia, SP, Brazil) and the excess was removed with absorbent paper points. The RelyX ARC resin cement was mixed and inserted into the canal using a Centrix syringe with a needle tip (DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brazil). Then, the post was inserted and held in position under a static load of 10 N during photoactivation with a light emitting diode (Bluephase, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein, 1340 mW/cm²) positioned at an angle of 45° with the edge of the root for 40 seconds.

For the cementation with RelyX U200 self-adhesive cement, the canals were washed with water and dried with absorbent paper points. The resin cement was mixed and inserted into the canal using a Centrix syringe with a needle tip. Then, the post was inserted into the canal and held in position under a static load of 10 N during photoactivation a light emitting diode (Bluephase, 1340 mW/mm²) positioned at a 45° angle to the edge of the root for 40 seconds.

Cementation with C&B/All Bond 2 was preceded by dentin etching with 37% phosphoric acid (37 Condac) for 15 seconds, followed by rinsing with water using an irrigation syringe and drying with absorbent paper points. All Bond 2 Primer A and Primer B were mixed and applied to the canal with a microbrush (Brush fine), and then, the Pre-Bond resin was applied. Equal parts of C&B base and catalyst cement pastes were mixed and applied to the canal using a Centrix syringe with a needle tip. The post was inserted and held in position under a static load of 10 N for seven min.

After cementation, the specimens were stored in a humid environment at 37°C for 24 hours before being prepared for mechanical testing.

Preparation for the Push-out Test:

The roots were sectioned transversely with a precision saw (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) to obtain two samples of each root third with thickness of 1.0 mm each. The first section of each root, with thickness 0.5 mm, was discarded (Figure 2).

The thickness of the specimens was checked with a digital caliper (Mitutoyo Series 500, Mitutoyo Sul Americana, Suzano, SP, Brazil). The specimens were positioned on a metal base with a central hole 2.0 mm in diameter. A plunger with a 1.0 mm diameter tip was adapted to the testing machine and positioned on the specimen so that it only touched the post, without contacting the canal. The load was applied from the most apical surface to coronal direction.

The test was performed in a universal testing machine (EMIC DL 3000, EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brazil) with a 200N load cell (CCE200N, EMIC) at a speed of 0.5 mm/min. The maximum extrusion load in Newtons (N) for displacing the post within the canal was recorded (Tesc version 3.05, EMIC).

To express the bond strength in MPa, the load obtained in Newtons was divided by the area of the bonded interface, which was calculated by the following equation:

$$A = 2\pi r h$$

Where π is a constant, 3.14, r is the radius of the post (0.75 mm), and h is the slice thickness in millimeters.

Analysis of Failure:

After the push-out test, each specimen was observed and photographed using a stereomicroscope (Zeiss, Jena, Oberkochen, Germany) at 40x magnification to determine the modes of failure. Two calibrated examiners ($\kappa=0.65$) independently evaluated the failure mode, classifying it as follows: 1) adhesive failure between the dentin and cement; 2) adhesive failure between the post and cement; 3) mixed failure; or 4) cohesive failure in the post. Disagreements between the examiners were resolved by consensus.

Scanning Electron Microscopy (SEM)

Four representative samples for each experimental groups were obtained, and the surfaces were polished, demineralized, deproteinated, dehydrated in increasing ethanol concentration solutions and coated with carbon layer under medium-vacuum.³² The images were obtained in low-vacuum scanning electron microscope (FEI Quanta 200F, **FEI Corporate Headquarters**, Hillsboro, OR, USA) at 70x, 500x and 1000x magnification.

Statistical analysis:

The homogeneity of variances was evaluated using the Levene test ($p > 0.05$), and the normal distribution of the data was analyzed by the Kolmogorov-Smirnov test ($p > 0.05$). The effects of the resin systems, the access levels to the canal and the interaction on the mean bond strength in the coronal, middle and apical thirds of the canal were verified by two-way ANOVA and Tukey's test. The level of significance was set at 5%.

Results

When the bond strength was measured only in the apical third (Table 2), the photoactivation access level to the canal showed a significant effect ($p = 0.029$), but the resin cements ($p = 0.775$) and interaction ($p = 0.420$) were not significant. The mean bond strength for the apical access level was higher than coronal level ($p = 0.022$) for all resin cements.

When the bond strength was measured in the same third of the photoactivation access level (Table 3), there was a significant effect of the root third ($p = 0.001$). However, there was no significant effect of resin cement ($p = 0.56$) or the interaction ($p = 0.809$). The apical ($p = 0.001$) and middle ($p = 0.021$) bond strength were similar and both higher than coronal, for all cements.

The analysis of the failure mode according to the experimental conditions is presented in Graphs 1 and 2.

SEM showed homogeneous cement lines for all resin cements when they were evaluated in the access level to the root canal (coronal, middle, apical). ARC and C&B produced evident resin tags and hybrid layer in dentin (Figures 3 and 4). Heterogeneous cement lines including voids were observed in images of apical third when the access level was the coronal third. ARC and C&B did not show evident hybrid layer and resin tags (Fig 5). U200 cement lines are juxtaposed to dentine surface; no hybrid layer or resin tags was observed (Fig 6).

Discussion

The null hypothesis of the present study was rejected because bond strength to root canal dentin was affected by the access level to the root canal for dual conventional, self-adhesive or self-cured resin cements.

Studies on the retention of root posts, including a systematic review of the literature, have shown a high risk of bias according to quality parameters.(38) The present investigation sought to control several aspects related to the risk of biases: randomization of the experimental units, use of sound teeth, use of dental materials according to the manufacturers' instructions, standardization of dimensions of the roots, standardization of the endodontic treatment made by a single operator, preparation of the canals and cementation procedures by another single operator and calculation of the minimum sample size. An important aspect to be considered in the design of studies related to compliance is the type of substrate used. With the advancement of preventive dentistry, obtaining a considerable number of extracted human teeth in healthiness conditions, it becomes a difficult task. Soon, it became necessary to use an alternative substrate for human tooth, because the bond strength of restorative materials is related to the substrate (39). Bovine teeth are presented as an alternative (39,40). Although the greater number of dentinal tubules in bovine dentin compared with human, but in were found the number and the diameter of dentin tubules, with the cervical third presenting the highest mean values for both specimen types. However, dentine must be used with caution, since random incidences and depths of the slices in relation to the dentin tubules can modify the results, and the bond strength to bovine tooth appears to be less than human teeth (40).

Under the studied conditions, all cements had their best performance in the group in which the photoactivation access was performed directly at the apical third. This finding is consistent with studies showing that dual resin cements are dependent on photoactivation to achieve the higher conversion values of monomers into polymers(18, 20). It was suggested that lowering the degree of conversion reduce the bond strength in the depths of the canal, where photoactivation would not be effective (13, 29, 31-34). In the group where access to the canal was directly made in the apical portion, the bond strength was significantly increased. However, under the same conditions, bond strength increasing was also observed for the chemically activated resin cement, which would not be expected because this cement is not dependent on light for polymerization. Direct access to the apical portion of the canal probably reduced the technical sensitivity for all cements (3, 42), one of the aspects related to the technique sensitivity of multi-step systems is the evaporation of the solvent, since the presence of water or organic solvent in the adhesive mixture may impair the performance of adhesive systems (12,13), increased evaporation of the solvent of the three-step systems may have been favored by access in the apical third of the root, promoting increased bond strength observed in this experimental condition. Furthermore, direct access to the apical third produced SEM images with homogeneous cement line for all cements, and evidence of resin tags and hybrid layer for ARC and C&B.

The failure mode analysis showed that the weakest link in the cementation of fiber posts to the canal with resin cement is the bonding to dentin. Only a few adhesive

failures between the cement and the post were observed (14.5%). These results agree with those of Dantas *et al.*, 2012, who reported that silanization was not able to increase the bond strength of the post (41) and could justify our choice to not performing any post surface treatment in addition to their cleaning.

Evaluating only the apical third, for the different access levels to the canal (Graph 1) for ARC and C&B, there was a higher percentage of failure between the resin cement and the dentin, associated with lower values of bond strength (coronal third). For U200 with apical third access, there were a greater number of adhesive failures between the cement and the dentin, whereas when access was through the coronal third, there was an increase in mixed failures. When each root third was evaluated according to the access level to the canal (Graph 2), ARC and U200 displayed, in all cases, a predominance of adhesive failures between the resin cement and the dentin. Nonetheless, for C&B, there was a reduction in adhesive failures only access was directly in the apical third. The increase in the bond strength in the apical third may be associated with a reduction in adhesive failures between the luting system and the dentin for the multi-step resin cement systems (ARC and C&B).

When the bond strength was evaluated in the same root third of access to the canal, the coronal third had the lowest values for all the resin cements used. The dentin in the coronal third presents a larger number of tubules (21-23) and therefore less intertubular dentin, which is usually associated with higher bond strength (25-27). Furthermore, studies by Bitter *et al.* 2009 demonstrate that increased number of resin tags is not directly proportional to the bond strength (24).

Although the dentin in the apical third may be more likely to present residues of endodontic treatment (9), this study demonstrated that the bond strength appears to be more affected to the technical sensitivity. Furthermore, the volume of cement and the C factor in the condition in which the access was made directly in the apical third of the canal may have reduced the polymerization shrinkage stress, thus increasing the bond strength of all the resin cements to the root dentin (43, 44).

Considering adhesive cementation of fiber glass post, self-cured resin cement and etch-and-rinse adhesive system, dual-cured resin cement and a three-step etch-and-rinse adhesive system and self-adhesive resin cement produced similar bond strength. Clinical steps must be rigorously controlled to minimize technical sensitivity during post cementation. Thus, it must be considered that the self-adhesive cement (U200) application technique is simple and does not require any previous dentin treatment. CALIXTO *et al.* (2012) claim that the performance of U100 (U200 precursor) along the canal was similar to that of chemically-activated resin cements and demonstrated that U100 appears to be less dependent on light to achieve higher bond strength (34). Our previous study also demonstrated that the access level to the canal for cement application did not influence the bond strength of RelyX U100 to the root canal (37). However, in the present study, the bond strength of U200 was influenced by the access level of the canal, similar to the other cements analyzed.

These findings may indicate that the modification of the properties of the cement might have influenced the mechanical properties of RelyX U200 resin cement to the dentin compared with its precursor, RelyX U100, and study of D'Alpino et al., in 2015, demonstrated the RelyX U200 is dependence on photoactivation to have the best performance.

Other factors in addition to access to the entire length of the canal, seem to have influenced the bond strength of glass fiber posts, among which we highlight: the steps involved in the application of resin cement system and the volume of cement used. Therefore, the clinician must have control of each operative step, particularly when etch-and-rise adhesive sistem, to minimize failures. It recommends the use of materials and cementing techniques that facilitate access, substrate preparation and curing of resin systems, to the fullest extent of the root canal.

Conclusion

Under the studied conditions, the access level to the canal influenced the bond strength of fiber glass posts to the root canal. The evaluated resin cements showed similar bond strength, which were higher when the cement was applied directly to the apical level.

References

1. Cheung W. A review of the management of endodontically treated teeth - Post, core, and the final restoration. *Journal of the American Dental Association*. 2005;136(5):611-9.
2. Pegoretti A, Fambri L, Zappini G, Bianchetti M. Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. *Biomaterials*. 2002;23(13):2667-82.
3. Gomes G, Gomes O, Reis A, Gomes J, Loguercio A, Calixto A. Effect of Operator Experience on the Outcome of Fiber Post Cementation With Different Resin Cements. *Oper Dent*. 2012.
4. Bolla M, Muller-Bolla M, Borg C, Lupi-Pegurier L, Laplanche O, Leforestier E. Root canal posts for the restoration of root filled teeth. *Cochrane Database Syst Rev*. 2007(1):CD004623.
5. Signore A, Benedicenti S, Kaitsas V, Barone M, Angiero F, Ravera G. Long-term survival of endodontically treated, maxillary anterior teeth restored with either tapered or parallel-sided glass-fiber posts and full-ceramic crown coverage. *J Dent*. 2009;37(2):115-21.
6. Theodosopoulou JN, Chochlidakis KM. A Systematic Review of Dowel (Post) and Core Materials and Systems. *Journal of Prosthodontics-Implant Esthetic and Reconstructive Dentistry*. 2009;18(6):464-72.

7. Sterzenbach G, Franke A, Naumann M. Rigid versus flexible dentine-like endodontic posts--clinical testing of a biomechanical concept: seven-year results of a randomized controlled clinical pilot trial on endodontically treated abutment teeth with severe hard tissue loss. *J Endod.* 2012;38(12):1557-63.
8. Schwartz RS, Murchison DF, Walker WA, 3rd. Effects of eugenol and noneugenol endodontic sealer cements on post retention. *J Endod.* 1998;24(8):564-7.
9. Serafino C, Gallina G, Cumbo E, Ferrari M. Surface debris of canal walls after post space preparation in endodontically treated teeth: A scanning electron microscopic study. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics.* 2004;97(3):381-7.
10. Muniz L, Mathias P. The influence of sodium hypochlorite and root canal sealers on post retention in different dentin regions. *Operative Dentistry.* 2005;30(4):533-9.
11. Baldissara P, Zicari F, Valandro LF, Scotti R. Effect of root canal treatments on quartz fiber posts bonding to root dentin. *J Endod.* 2006;32(10):985-8.
12. Klein-Júnior CA, Zander-Grande C, Amaral R, Stanislawczuk R, Garcia EJ, Baumhardt-Neto R, Meier MM, Loguercio AD, Reis A. Evaporating solvents with a warm air-stream: Effects on adhesive layer properties and resin–dentin bond strengths. *J Dent.* 2006;36:618-625.
13. Luque-Martinez IV, Perdigão J, Muñoz MA, Sezinando A, Reis A, Loguercio AD. Effects of solvent evaporation time on immediate adhesive properties of universal adhesives to dentin. *Dent Mater.* 2014;30:1126-1135.
14. dos Santos Alves Morgan LF, Ribeiro da Cunha Peixoto RT, de Castro Albuquerque R, de Abreu Poletto LT, Santos Correa MF, Pinotti MB. Light transmission through a translucent fiber post. *Journal of Endodontics.* 2008;34(3):299-302.
15. Galhano GA, de Melo RM, Barbosa SH, Zamboni SC, Bottino MA, Scotti R. Evaluation of light transmission through translucent and opaque posts. *Operative Dentistry.* 2008;33(3):321-4.
16. Goracci C, Corciolani G, Vichi A, Ferrari M. Light-transmitting Ability of Marketed Fiber Posts. *Journal of Dental Research.* 2008;87(12):1122-6.
17. Zorba YO, Erdemir A, Ahmetoglu F, Yoldas O. Effect of different light sources in combination with a light-transmitting post on the degree of conversion of resin composite at different depths of simulated root canals. *Dental Traumatology.* 2011;27(3):195-8.

18. Braga RR, Cesar PF, Gonzaga CC. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2002;29(3):257-62.
19. 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. *Journal of Dentistry*. 2008;36(1):87-92.
20. Baena E, Fuentes M, Garrido M, Rodríguez J, Ceballos L. Influence of Post-cure Time on the Microhardness of Self-Adhesive Resin Cements Inside the Root Canal. *Oper Dent*. 2012.
21. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjor IA. Bonding to root canal: Structural characteristics of the substrate. *American Journal of Dentistry*. 2000;13(5):255-60.
22. Mannocci F, Pilecki P, Bertelli E, Watson TF. Density of dentinal tubules affects the tensile strength of root dentin. *Dental Materials*. 2004;20(3):293-6.
23. Malyk Y, Kaaden C, Hickel R, Ilie N. Analysis of resin tags formation in root canal dentine: a cross sectional study. *International Endodontic Journal*. 2010;43(1):47-56.
24. Bitter K, Paris S, Pfuertner C, Neumann K, Kielbassa AM. Morphological and bond strength evaluation of different resin cements to root dentin. *European Journal of Oral Sciences*. 2009;117(3):326-33.
25. Giannini M, Carvalho RM, Martins LR, Dias CT, Pashley DH. The influence of tubule density and area of solid dentin on bond strength of two adhesive systems to dentin. *J Adhes Dent*. 2001;3(4):315-24.
26. Toba S, Veerapravati W, Shimada Y, Nikaido T, Tagami J. Micro-shear bond strengths of adhesive resins to coronal dentin versus the floor of the pulp chamber. *Am J Dent*. 2003;16 Spec No:51A-6A.
27. Lopes GC, Perdigão J, Lopes MeF, Vieira LC, Baratieri LN, Monteiro S. Dentin bond strengths of simplified adhesives: effect of dentin depth. *Compend Contin Educ Dent*. 2006;27(6):340-5; quiz 6.
28. Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, et al. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci*. 2004;112(4):353-61.
29. Kalkan M, Usumez A, Ozturk AN, Belli S, Eskitascioglu G. Bond strength between root dentin and three glass-fiber post systems. *J Prosthet Dent*. 2006;96(1):41-6.

30. Bonfante EA, Pegoraro LF, de Goes MF, Carvalho RM. SEM observation of the bond integrity of fiber-reinforced composite posts cemented into root canals. *Dent Mater.* 2008;24(4):483-91.
31. 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. *International Endodontic Journal.* 2009;43(4):259-68.
32. Montanari M, Prati C, Piana G. Differential hydrolytic degradation of dentin bonds when luting carbon fiber posts to the root canal. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 16. Spain2011. p. e411-7.
33. Soares CJ, Pereira JC, Valdivia ADCM, Novais VR, Meneses MS. Influence of resin cement and post configuration on bond strength to root dentine. *International Endodontic Journal.* 2012;45(2):136-45.
34. Calixto LR, Bandeca MC, Clavijo V, Andrade MF, Vaz L, Campos EA. Effect of Resin Cement System and Root Region on the Push-out Bond Strength of a Translucent Fiber Post. *Operative Dentistry.* 2012;37(1):80-6.
35. Foxton RM, Nakajima M, Tagami J, Miura H. Adhesion to root canal dentine using one and two-step adhesives with dual-cure composite core materials. *J Oral Rehabil.* 2005;32(2):97-104.
36. Giachetti L, Scaminaci Russo D, Baldini M, Bertini F, Steier L, Ferrari M. Push-out strength of translucent fibre posts cemented using a dual-curing technique or a light-curing self-adhering material. *Int Endod J.* 2011;45(3):249-56.
37. Daleprane B, Nemesio de Barros Pereira C, Oréface RL, Bueno AC, Vaz RR, Moreira AN, et al. The effect of light-curing access and different resin cements on apical bond strength of fiber posts. *Oper Dent.* 2014;39(2):E93-100.
38. Sarkis-Onofre R, Skupien JA, Cenci MS, Moraes RR, Pereira-Cenci T. The role of resin cement on bond strength of glass-fiber posts luted into root canals: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Oper Dent.* 2014;39(1):E31-44.
39. Schilke R, Lisson JA, Bauss O, Geurtsen W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. *Arch Oral Biol.* 2000;45:355-361.
40. Camargo CH, Siviero M, Camargo SE, de Oliveira SH, Carvalho CA, Valera MC. Topographical, Diametral, and Quantitative Analysis of Dentin Tubules in the Root Canals of Human and Bovine Teeth. *J Endod.* 2007; 33: 422-426.
41. Costa Dantas MC, do Prado M, Costa VS, Gaiotte MG, Simão RA, Bastian FL. Comparison between the effect of plasma and chemical treatments on fiber post surface. *J Endod.* 2012;38(2):215-8.

42. De Munck J, Vargas M, Van Landuyt K, Hikita K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dent Mater.* 2004;20(10):963-71.
43. Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer JM, Pashley DH. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dental Materials.* 2003;19(3):199-205.
44. Ishikiriyama SK, Maenosono RM, Oda DF, Ordóñez-Aguilera JF, Wang L, Mondelli RF. Influence of volume and activation mode on polymerization shrinkage forces of resin cements. *Braz Dent J.* 2013;24(4):326-9.
45. D'Alpino PHP, Silva MS, Vismara MVG, Hipólito VD, González AHM, Graeff CFO. The effect of polymerization mode on monomer conversion, free radical entrapment, and interaction with hydroxyapatite of commercial self-adhesive cements. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2015; 46:83-92.

Tables

Table 1 - Resin cements used in the study

Cementing systems	Composition	Manufacturer
RelyX™ ARC/Adper™ Scotchbond Multi-plus (ARC)	<p>Silicon-treated ceramic, triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA), bisphenol A diglycidyl methacrylate (Bis-GMA); silicon-treated silica, functionalized dimethacrylate polymer Lot No: 411204</p> <p>ACTIVATOR: ethyl alcohol, sodium benzenesulfinate. Lot: N375291</p> <p>PRIMER: water, 2-hydroxyethyl-methacrylate, copolymer of polycarboxylic acid. Lot No: N403189</p> <p>CATALYST: (1-methyl ethylidene) bis[4,1-phenylene oxi (2-hydroxy-3,1,-propanediyl)] bis methacrylate, 2-hydroxyethyl methacrylate, benzoyl peroxide. Lot No: N389559</p>	3M ESPE
RelyX™ U200 (U200)	<p>BASE: glass fiber, methacrylate phosphoric acid esters, triethylene glycol dimethacrylate, silane-treated silica, sodium persulfate</p> <p>CATALYST: glass fiber, substitute dimethacrylate, silane-treated silica, sodium ptoluenesulfonate, calcium hydroxide. Lot No: 492217</p>	3M ESPE
C&B/All-Bond 2 (C&B)	<p>Base: Bis-GMA dimethacrylate, silica, fused glass, sodium fluoride. Lot No: 1200008462</p> <p>Catalyst: Silica, Bis-GMA, triethylene glycol dimethacrylate. Lot No: 1200008461</p> <p>Primer A: acetone, ethanol, NTG-GMA. Lot No: 1200006352</p> <p>Primer B: BPDM, photoinitiator acetone. Lot No: 1200006353</p> <p>Pre-Bond Resin: Bis-GMA, TEGDMA, benzoyl peroxide, BHT. Lot No: 1200006400</p>	Bisco

Table 2 – Means and standard deviations (SD) of bond strength (MPa) measured in the apical third for the resin cements, with access by the coronal, middle and apical thirds

Access level to the canal	Cements		
	RelyX ARC	C&B	RelyX U200
Coronal	8.63 (3.71)Aa	8.72 (2.85)Aa	9.90 (3.40)Aa
Middle	9.43 (3.36)Aab	10.87 (2.96)Aab	9.28 (2.96)Aab
Apical	11.27 (2.78)Ab	11.09 (3.39)Ab	10.36 (3.42)Ab

Means followed by the same capital letters do not differ in the comparisons by rows.

Means followed by the same lowercase letters do not differ in the comparisons by columns.

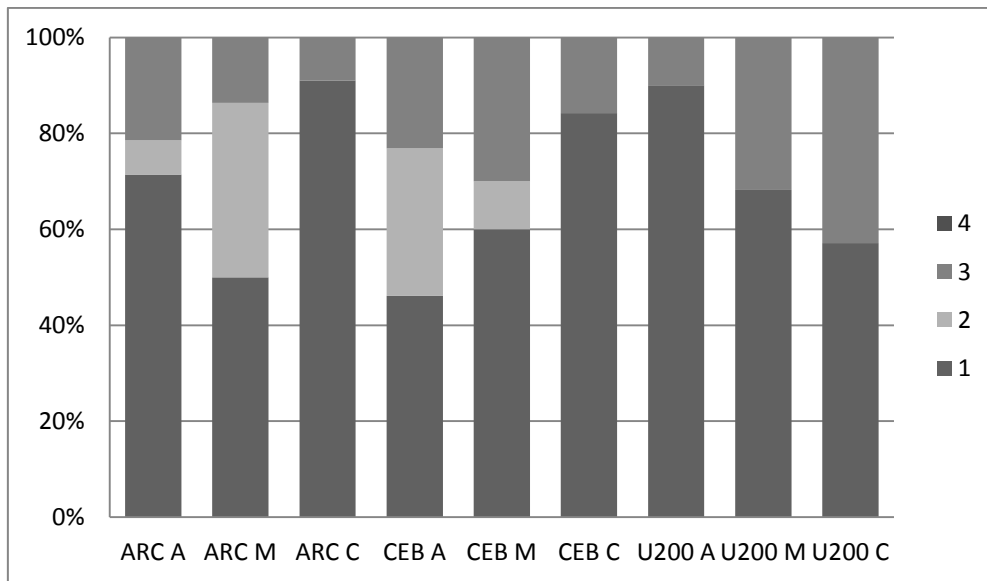
Table 3 – Means and standard deviations (SD) of bond strength (MPa) evaluated in the coronal, middle and apical thirds for resin cements, with direct access to each level of the canal.

Root third	Cements		
	RelyX ARC	C&B	RelyX U200
Coronal	8.37 (3.41)Aa	7.46 (3.81)Aa	8.37 (3.24)Aa
Middle	10.50 (5.12)Ab	9.20 (3.89)Ab	10.79 (3.52)Ab
Apical	11.27 (2.78)Ab	11.09 (3.39)Ab	10.36 (3.42)Ab

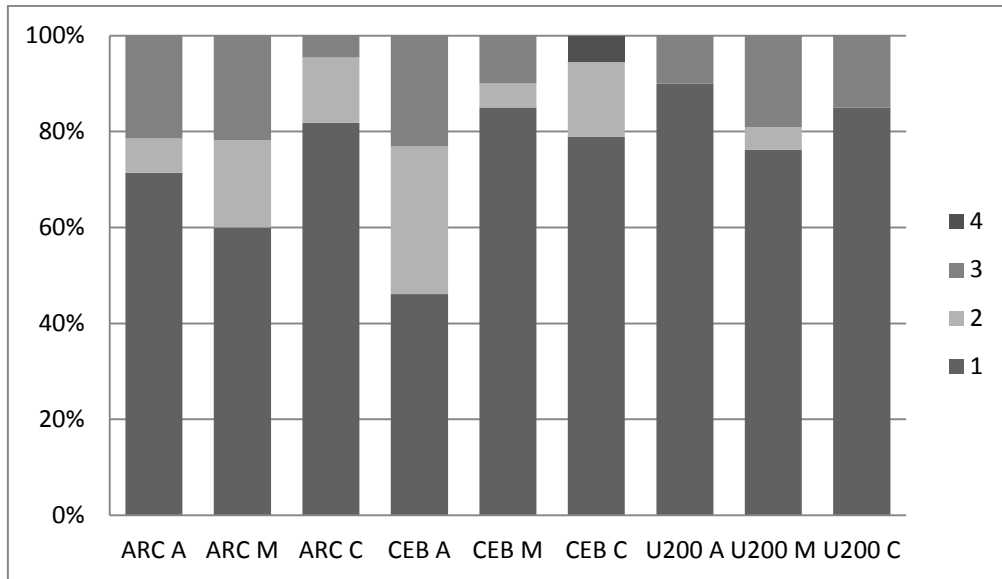
Means followed by the same capital letters do not differ in the comparisons by rows.

Means followed by the same lowercase letters do not differ in the comparisons by columns.

Graphics



Graph 1 – Types of failure found in the apical third for the different levels of access and resin cements. Legend: 1) adhesive failure between the dentin and the cement; 2) adhesive failure between the post and the cement; 3) mixed failure; and 4) cohesive failure in the post. The bottom legend refers to the cement and the access level to the canal: ARC C – RelyX ARC in the coronal third; ARC M – RelyX ARC in the middle third; ARC A – RelyX ARC in the apical third; CEB C – C&B in the coronal third; CEB M – C&B in the middle third; CEB AA – C&B in the apical third; U200 C – RelyX U200 in the coronal third; U200 M – RelyX U200 in the middle third; and U200 A – U200 RelyX in the apical third.



Graph 2 – Types of failure found in each root third according to the access level to the canal and the resin cements. Legends: 1) adhesive failure between the dentin and the cement; 2) adhesive failure between the post and the cement; 3) mixed failure; and 4) cohesive failure in the post. The bottom legend refers to the cement and the access level to the canal: ARC C - RelyX ARC in the coronal third; ARC M - RelyX ARC in the middle third; ARC A - RelyX ARC in the apical third; CEB C - C&B in the coronal third; CEB M - C&B in the middle third; CEB AA - C&B in the apical third; U200 C - RelyX U200 in the coronal third; U200 M - RelyX U200 in the middle third; and U200 A - U200 RelyX in the apical third.

Figures

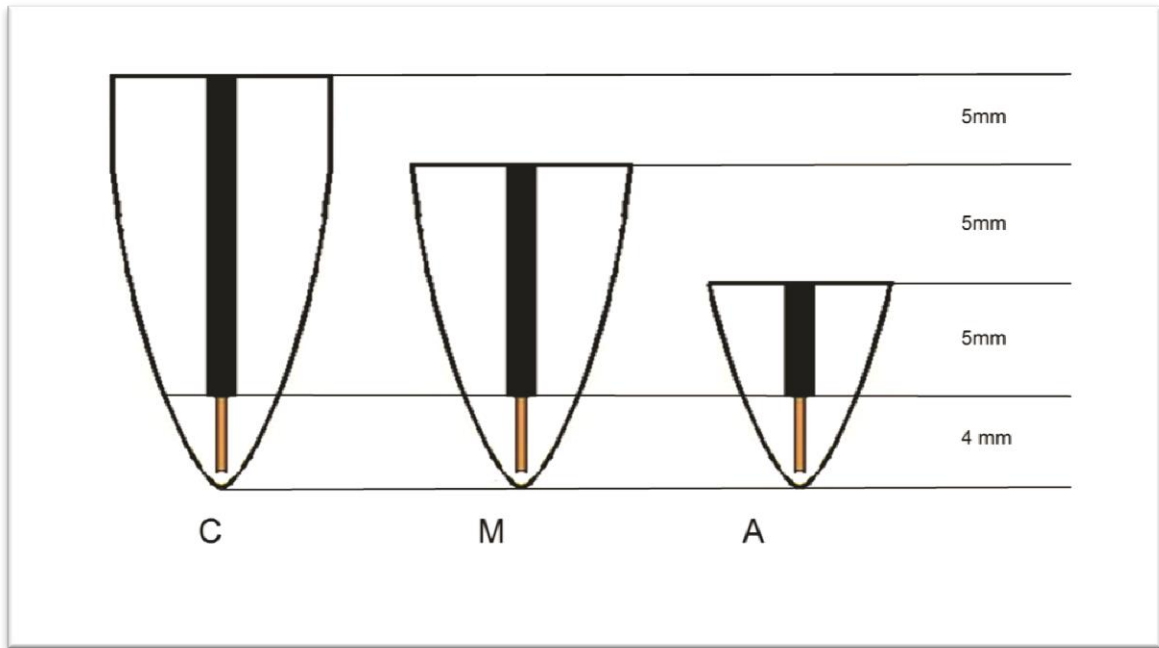


Figure 1 - Differential access to the canal

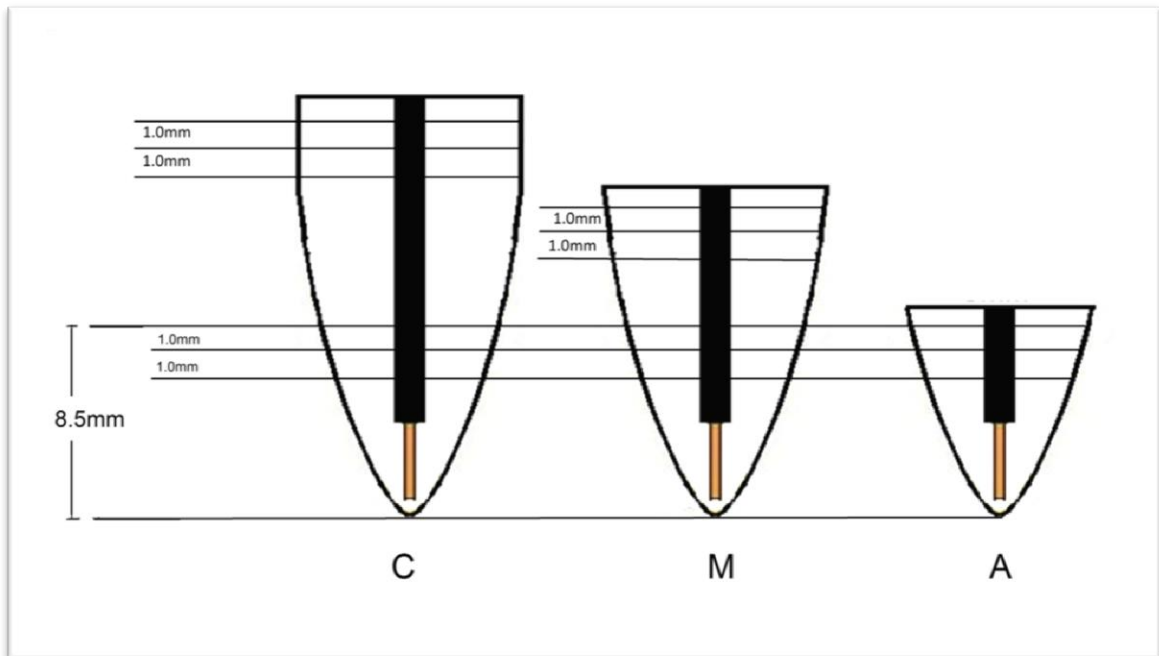


Figure 2 - Cutting of specimens for the push-out test

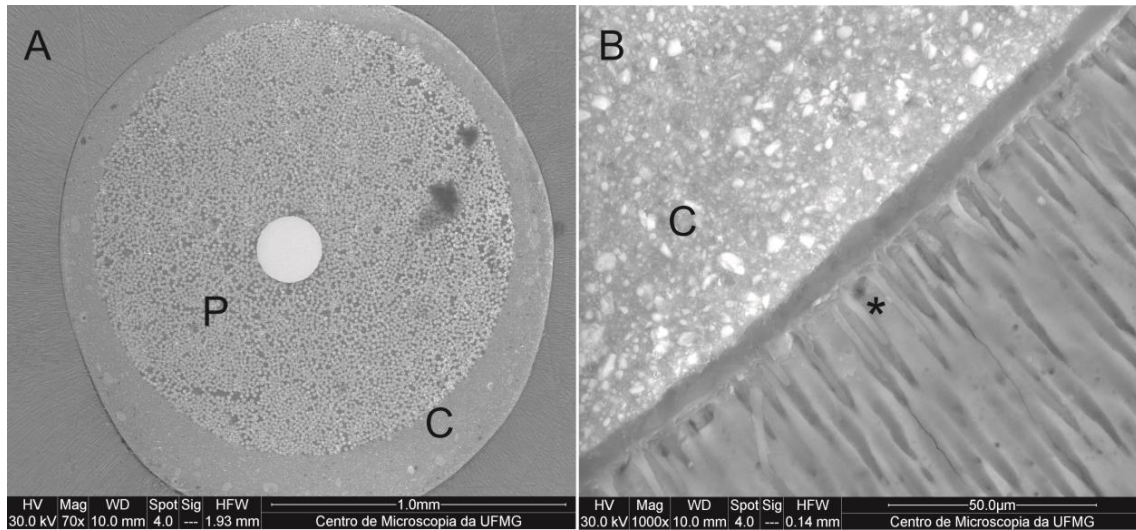


Figure 3. RelyX ARC/SBMP resin cement line in the coronal third. A (70x) - homogeneous cement line; B (1000x) - evident resin tags and hybrid layer in dentin. P – post. C – resin cement. * Resin tags.

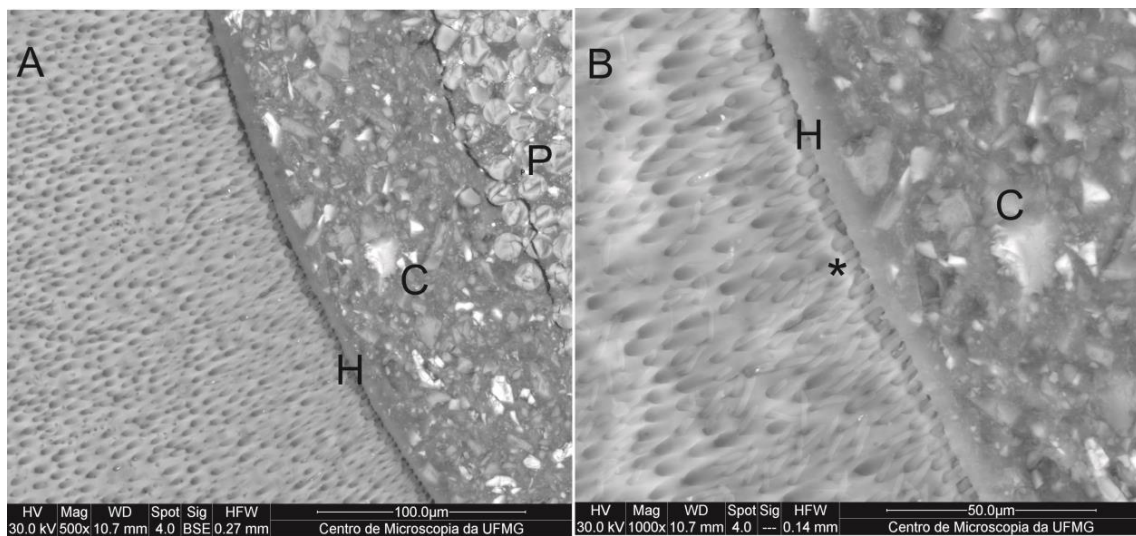


Figure 4 - C&B/All-Bond 2 resin cement line in the apical third when the access level was the apical third. A (500x) and B (1000x) - evident hybrid layer and resin tags in dentin. H - hybrid layer. C - resin cement. P – post. * - resin tags.

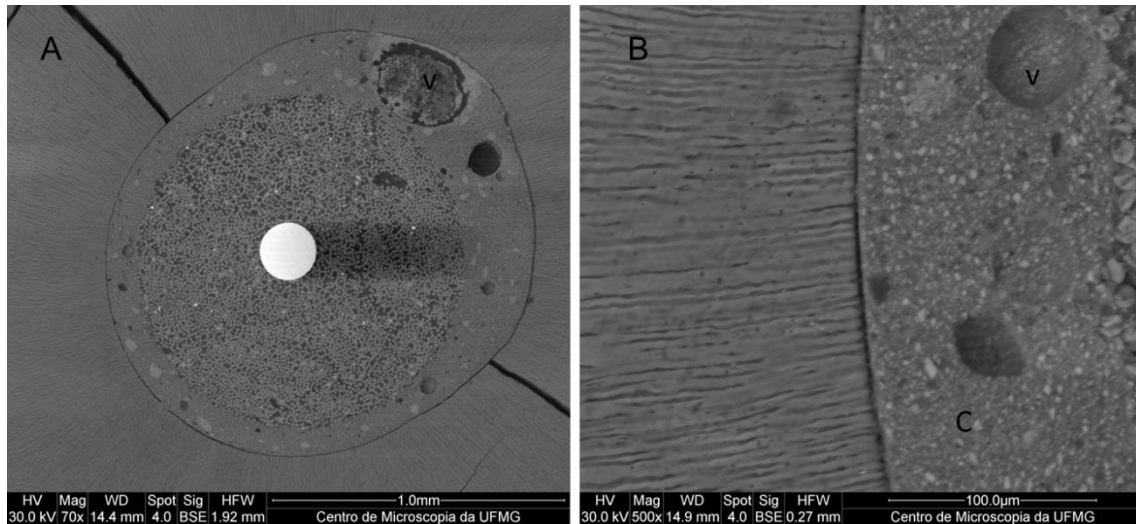


Figure 5 - RelyX ARC/SBMP resin cement line in apical third when the access level was the coronal third. A(70x) - heterogeneous cement line including voids; B(500x) – presence of voids, hybrid layer and resin tags are not evident. v – voids. C - cement.

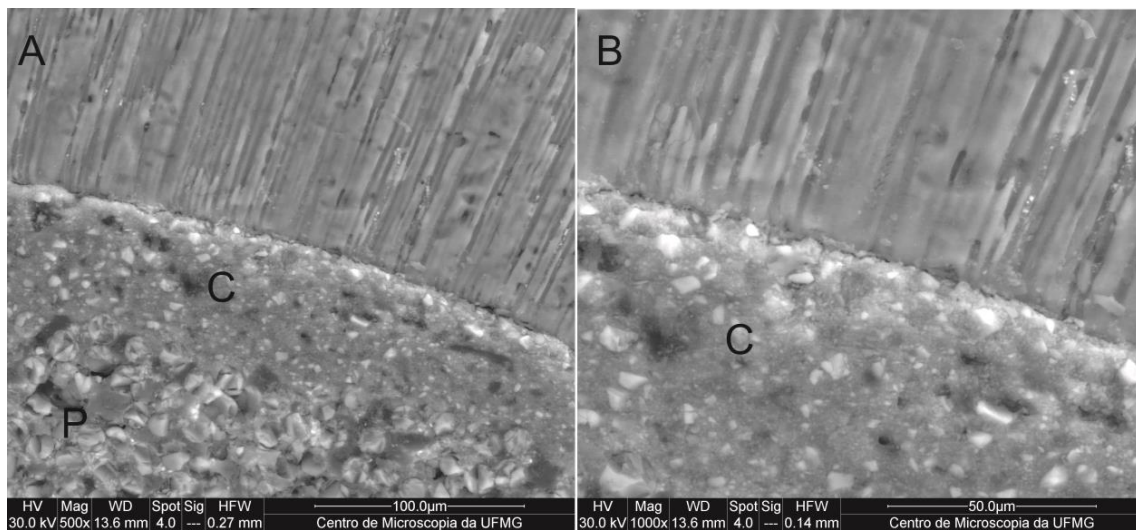


Figure 6 – RelyX U200 resin cement line in the apical third when the access level was the apical third. A (500x) and B (1000x) - cement line is juxtaposed to dentine surface; no hybrid layer or resin tags are evident. C – cement. P - post

Anexo 2 – Artigo Publicado na Operative Dentistry

The effect of different light-curing accesses and resin cements on apical bond strength of fiber posts

Purpose: This study evaluated the effect of different light-curing accesses on the bond strength of fiber glass posts to the apical area of bovine roots, using self-adhesive cement or dual-cured cement with etch-and-rinse adhesive system.

Methods: The root canals of 60 bovine teeth were endodontically treated and filled. A 15mm length post space was prepared and roots were randomly divided into three groups, simulating the levels of light-curing access: Coronal - with 15mm post space; Middle - coronal thirds of roots were cut out remaining 10mm post space; Apical - coronal and middle thirds of roots were cut out remaining 5mm post space. Fiber glass posts (Reforpost # 3, Angelus) were cemented with RelyX U100 (3M ESPE) or RelyX ARC/Scotchbond Multi Purpose Plus (SBMP) (3M ESPE) (n=10), and light cured. After 24 hours, the apical thirds of roots were sectioned perpendicularly to the long axis and submitted to push-out test (0.5mm/min, 20kgf). Kruskal Wallis test compared the three levels of light-curing access and Mann-Whitney test compared the cements. **Results:** The bond strength was significantly higher in the Coronal ($p < 0.028$) and Middle ($p < 0.016$) accesses when U100 was used, whereas it was similar for both cements in the Apical access. The bond strengths of posts cemented with ARC/SBMP were significantly higher in the Apical compared to the Coronal ($p \leq 0.05$). **Conclusion:** The type of cement used and the light-curing access influenced the bond strength between glass fiber posts and root canals. The bond strength of the RelyX ARC/SBMP cement proved to be more dependent on photoactivation than

the RelyX U100 cement. The access of light-curing did not influence the apical bond strength of RelyX U100.

Introduction

Restoration of endodontically treated teeth exhibiting large coronal loss requires the use of post systems. Resin cements and fiber posts are good choices for such types of treatment.¹ In general, the results of clinical studies have been favorable with regard to the use of fiber posts. However, de-cementation remains the predominant cause of failure.^{2,3}

Several factors may influence the bond strength of root canal posts, including canal depth, the type of resin cement used, and the dentinal substrate. The canal depth hinders access to operatory instruments as well as light transmission through the canal, and the use of translucent fiber posts has not improved light transmission to most apical areas.^{4,5} The light intensity inside the canals is insufficient to ensure photoactivation of dual-cure resin cements.^{6,7} Such resin cements exhibit lower degrees of conversion of monomers to polymers when photoactivation is not performed.⁸⁻¹⁰ In addition, different resin cements exhibit different microhardness values at different root canal depths.¹⁰

Likewise, the dentinal substrate varies as a function of root canal depth, whereby the density and diameter of the dentinal tubules decrease from the cervical to the apical areas.¹¹⁻¹³ Techniques for post-cementation based on resin infiltration in the interior dentinal tubules are more sensitive and less predictable in the apical area.^{3,14}

Although several studies have shown that resin cements bond strengths inside the apical third of root canals are lower than those at the cervical third,¹⁵⁻²⁴ some authors were unable to confirm this difference.²⁵⁻²⁷ Thus, it is important to investigate the factors influencing bond strength of resin cements in the apical third, emphasizing the roles of photoactivation and dentinal substrate in that root canal area.

The aim of the present study was to investigate the effect of light-curing access on bond strength in the apical third of glass fiber posts cemented with a self-adhesive cement system and a conventional dual-cure system (resin cement plus three-step etch-and-rinse adhesive system). The investigated null hypothesis is that the bond

strength at the apical third is not affected by the location at which the light is applied nor the type of cement used.

Materials and methods

Roots preparation

A total of 60 bovine teeth were selected and stored in distilled water under refrigeration for up to three months. The roots were sectioned at the cement-enamel junction (CEJ) using a silicon carbide disc (Dentorium, New York, NY, USA), under constant irrigation with water, until 19-mm root specimens were obtained. Endodontic preparation was performed with working lengths up to 1 mm from the apical foramen using rotary instruments (Xmart, Dentsply, Petrópolis, RJ, Brazil) and Easy Pro-design files (Easy, Belo Horizonte, MG, Brazil) by the crown-down technique, under irrigation with 2.5% sodium hypochlorite. Next, a final irrigation was performed with Trisodium EDTA (Biodinamica, Ibiporã, PR, Brazil) for three minutes, and the root canals were rinsed under water and dried using absorbent paper points. The teeth were obturated by the thermoplastic technique, using gutta-percha cones and AH Plus cement (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brazil), and stored in water for seven days.

Post space preparation

The root canals were prepared for placement of glass fiber post Reforpost #3 (Ângelus, Londrina, PR, Brazil) using Largo burs #2 to #5 (Maillefer-Dentsply, Petrópolis, RJ, Brazil) with a slow rotary speed and 15 mm of length, leaving 4 mm of apical canal filled.

The roots were then randomly separated into three groups comprised of 20 specimens each, as follows: (1) the Coronal access Group (C), which exhibited 15 mm of prepared root canals; (2) the Middle access Group (M), where 5 mm corresponding to the cervical third were removed using a carborundum disc under abundant water irrigation, leaving 10 mm in length of post space preparation; and (3) the Apical access Group (A), where 10 mm corresponding to the cervical and middle thirds, were removed, leaving 5 mm in length of post space preparation (Figure 1). Before the posts were cemented, the external root surfaces were covered with black adhesive tape to protect the roots from external light interference.

Posts cementation

Each post was washed with water and dried using air spray. Two different resin cements were used for cementation (n = 10): ARC/SBMP – RelyX ARC dual resin cement with chemically activated polymerization adhesive system SBMP (3M ESPE, St Paul, MN, USA); and U100 – self-adhesive resin cement RelyX U100 (3M ESPE, St Paul, MN, USA). The compositions and manufacturers of the cements are described in Table 1.

For application of ARC/SBMP, dentin was etched with 32% phosphoric acid (Uni-etch, Bisco, Schaumburg, IL, USA) for 15 seconds, rinsed under water, aspirated with endodontic cannulas, and dried with absorbent paper points. The activator was applied using a microbrush, and the excess was removed. Subsequently, the same procedure was performed with the primer and the catalyst. The cement was manipulated and inserted into the conduct using Lentulo bur (Maillefer-Dentsply, Petrópolis, RJ, Brazil). The posts were inserted, and the resin cement was photoactivated with a light-emitting-diode at 1340 mW/mm² (Bluephase, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein,) for 40 seconds, under 1 kgf of load.

For the application of U100, the root canals were washed with water, aspirated with endodontic cannulas, and dried with absorbent paper points. The cement was manipulated and inserted into the root canal using Lentulo bur. The posts were then inserted, and the resin cement was photoactivated as described above for ARC/SBMP. The specimens were stored in water for 24 hours and then, the push-out test was performed at the apical third of the roots.

Preparation for the push-out test

The cemented specimens were transversely sectioned 8.5 mm from the apex with a diamond disc (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) under refrigeration with water. Two slices were obtained with approximately 1-mm thick. The thickness of each slice was measured using a digital caliper (Mitutoyo Digimatic Caliper Serie 500, Mitutoyo Sul Americana, Suzano, SP, Brazil), and the posts were subjected to the mechanical test using a plunger with a 1-mm-diameter tip (placed in contact only with the posts). The load was applied to the most apical face of each slice, which was mounted in an apical to coronal direction, using a universal test machine (Emic DL

3000, Emic, São José dos Pinhais, PR, Brazil), with a 20 kgf load cell (CCE200N, Emic, São José dos Pinhais, PR, Brazil) and a speed of 0.5 mm/min. The maximal extrusion load (Newtons) was recorded (Tesc Version 3.05, Emic, São José dos Pinhais, PR, Brazil). To express the bond strength in MPa, the load was divided by the bond interface area obtained according to the following equation:

$$A = 2\pi rh,$$

where π is the constant 3.14, r is the post radius, and h is the slice thickness in millimeters.

Analysis of Failure

Following the push-out test, each specimen was photographed using a stereomicroscope (Zeiss, Jena, Oberkochen, Germany) at 40X magnification and the images were examined to establish the modes of failure. The modes of failure were assessed by two independent calibrated examiners ($\kappa = 0.72$; 95% CI = 0.62 – 0.82) and classified as follows: 1) adhesive failures between dentin and cement; 2) adhesive failures between post and cement; 3) cement cohesive failures; and 4) mixed failures. Inter-examiner disagreements were solved by consensus.

Statistical analysis

Kolmogorov-Smirnov's test showed that the data did not assume a normal distribution ($F = 0.137$; $p = 0.007$); and Levene's test did not find differences between variances ($F = 1.979$; $p = 0.162$). The non-parametric Kruskal-Wallis test was used to evaluate the effect of the light-curing access on the bond strength of the cements. Mann-Whitney test was used to investigate differences between the two cements. Statistical analysis was performed using SPSS version 16.0 software (SPSS, Chicago, IL, USA) with a significance level of 0.05 in all tests.

Results

Table 2 describes the exploratory data obtained from the experiment. The bond strength was significantly higher in the Coronal access ($p < 0.028$) and Middle access ($p < 0.016$) groups when U100 was used, whereas it was similar for both cements in the Apical access group (Table 3). The light-curing access showed significant effect on the bond strength only when ARC/SBMP was used ($p < 0.031$). The bond

strengths of posts cemented with ARC/SBMP were significantly higher in the Apical access group compared to the Coronal access group but did not differ between the Apical and Middle access groups (Table 4).

In the failure analysis (Graphic 1), the ARC/SBMP cement exhibited a predominance of adhesive failures between the cement and the dentin (95%) in the Coronal and Middle access groups and one single mixed failure in each group (5%). The Apical access group exhibited a reduction of adhesive failures between the cement and dentin (65%), an increase in mixed failures (20%), and 15% of adhesive failures to posts. With regard to cement U100, the Coronal access group exhibited 50% mixed failures, 45% adhesive failures to dentin, and 5% adhesive failures to posts; the Middle access group exhibited 65% mixed failures, 30% adhesive failures to dentin, and 5% adhesive failures to posts; and the Apical access group exhibited 50% adhesive failures to dentin, 35% mixed failures, 10% adhesive failures to posts, and one single cohesive failure on resin cement (5%).

Discussion

The aim of the present study was to assess, by means of the push-out test performed 24 hours after cementation, the bond strengths in the apical third of the fiber posts cemented to root canals. The push-out test enables bond strengths to be measured at different sites and accurately represents the bonding conditions of posts in root canals.¹⁵ The photoactivation of resin cements across the entire root canal cannot be achieved in clinical practice. However, the experimental model used herein assumed the hypothetically ideal direct incidence of light on the three root sections to evaluate the effect of light access on bond strength in the apical third of the root. The null hypothesis of the present study, i.e., that neither light access nor cement type influence the bond strengths in the apical third, was rejected. The results showed that ARC/SBMP performed best in the group where light was directly applied to the apical third and that the U100 cement exhibited better bond strength compared to

ARC/SBMP in the groups in which the light was not directly applied to the apical third.

The present study showed that the ARC/SBMP system exhibited lower bond strength in the apical third when the photoactivating light was applied to the coronal level. These results agree with previous studies showing that dual-cure resin cements depend on photoactivation to achieve the highest values of conversion of monomers into polymers.^{8-10,28} It was suggested that such lower degrees of conversion result in lower bond strengths at root-canal depth levels at which photoactivation is ineffective.^{15-24,29} In the group in which the light was directly applied to the apical area of the root canal, the bond strength showed significant improvement. Studies have shown that in the apical third, dentin exhibits conditions that are less favorable for adhesion,^{13,14} such as lower number of dentinal tubules,¹¹⁻¹³ and a greater probability of presenting endodontic treatment remnants.³⁰ However, the results of the present study indicate that the bond strength may be more closely related to photoactivation condition of RelyX ARC cement. The failure analysis showed that adhesive failures to dentine were predominant in the groups in which the light was not directly applied to the apical third, whereas in the groups in which photoactivation occurred at the apical third, the number of mixed failures increased from 5% to 20% and the occurrence of adhesive failures to posts was 15%. These results suggest that the bonding between the ARC/SBMP system and dentin was more effective in the Apical group, in agreement with the push-out test results, which were higher in that group.

Resin cement U100 exhibited statistically similar values under all conditions investigated, in agreement with previous studies that found uniform bond strength values at different root canal levels when U100 was used.^{15,23,24,31-33} In addition, compared to other types of dual cements, the U100 cement appears to polymerize

more effectively at varied root canal levels.¹⁰ Compared to other self- and dual-cure cements, higher microhardness values were observed at different root canal levels when the U100 cement was used.¹⁰ The performance of U100 at different root canal levels was similar to that of self-activated resin cements, indicating that U100 is likely less dependent on light to attain higher bond strength.²⁴ The lower variation exhibited by the failure patterns of the various U100 groups provides further evidence of its greater uniformity of adhesion to dentin independent of the site at which light is applied.

Conventional resin cements, such as ARC/SBMP, are based on total acid-etching or self-etching adhesive systems that are associated with low-viscosity resin composites. This multi-step technique is complex and highly sensitive and may affect bond quality.³⁴ Conversely, U100 resin cement involves a simplified technique in which pre-treatments of teeth and posts are not necessary.¹⁵ In addition, U100 contains acidic monomers that demineralize and infiltrate the dental structure, thereby promoting micro-mechanical bonding, and a subsequent chemical reaction promotes integration with hydroxyapatite.^{27,30,35,36} The results of the present study may reflect the effectiveness of that bonding mechanism inside the root canal.

Conclusions

The type of cement used and the light-curing access influenced the bond strength between glass fiber posts and root canals. The bond strength of the RelyX ARC/SBMP cement proved to be more dependent on photoactivation than the RelyX U100 cement. The access of light-curing did not influence the apical bond strength of RelyX U100.

Reference

1. Cheung W (2005) A review of the management of endodontically treated teeth - Post, core, and the final restoration *Journal of the American Dental Association* **136(5)** 611-619.
2. Ferrari M, Vichi A, Mannocci F & Mason PN (2000) Long-term retrospective study of the clinical performance of fiber posts *American Journal of Dentistry* **13(Spec No)** 9B-13B.
3. Signore A, Benedicenti S, Kaitsas V, Barone M, Angiero F & Ravera G (2009) Long-term survival of endodontically treated, maxillary anterior teeth restored with either tapered or parallel-sided glass-fiber posts and full-ceramic crown coverage *Journal of Dentistry* **37(2)** 115-121, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2008.10.007>
4. Morgan LFSA, Peixoto RT, Albuquerque RC, Poletto LTA, Correa MF & Pinotti MB (2008) Light transmission through a translucent fiber post *Journal of Endodontics* **87(12)** 299-302, <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2007.12.007>
5. Goracci C, Corciolani G, Vichi A & Ferrari M (2008) Light-transmitting Ability of Marketed Fiber Posts *Journal of Dental Research* **87(12)** 1122-1126, <http://dx.doi.org/10.1177/154405910808701208>
6. Zorba YO, Erdemir A, Ahmetoglu F & Yoldas O (2011) Effect of different light sources in combination with a light-transmitting post on the degree of conversion of resin composite at different depths of simulated root canals *Dental Traumatology* **27(3)** 195-198, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-9657.2011.00987.x>
7. Galhano GA, de Melo RM, Barbosa SH, Zamboni SC, Bottino MA & Scotti R (2008) Evaluation of light transmission through translucent and opaque posts *Operative Dentistry* **33(3)** 321-324, <http://dx.doi.org/10.2341/07-93>
8. Braga RR, Cesar PF & Gonzaga CC (2002) Mechanical properties of resin cements with different activation modes *Journal of Oral Rehabilitation* **29(3)** 257-262, <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2842.2002.00821.x>
9. Ohlmann B, Fickenscher F, Dreyhaupt J, Rammelsberg P, Gabbert O & Schmitter M (2008) The effect of two luting agents, pretreatment of the post, and pretreatment of the canal dentin on the retention of fiber-reinforced composite posts *Journal of Dentistry* **36(1)** 87-92, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2007.11.002>
10. Baena E, Fuentes M, Garrido M, Rodríguez J & Ceballos L (2012) influence of post-cure time on the microhardness of self-adhesive resin cements inside the root canal *Operative Dentistry* **37(3)** 000-000, <http://dx.doi.org/10.2341/11-079-L>
11. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC & Mjor IA (2000) Bonding to root canal: Structural characteristics of the substrate *American Journal of Dentistry* 2000 **13(5)** 255-260.

12. Mannocci F, Pilecki P, Bertelli E & Watson TF (2004) Density of dentinal tubules affects the tensile strength of root dentin *Dental Materials* **20(3)** 293-296, [http://dx.doi.org/10.1016/S0109-5641\(03\)00106-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0109-5641(03)00106-4)
13. Malyk Y, Kaaden C, Hickel R & Ilie N (2010) Analysis of resin tags formation in root canal dentine: a cross sectional study *International Endodontic Journal* **43(1)** 47-56, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01631.x>
14. Mjor IA, Smith MR, Ferrari M & Mannocci F (2001) The structure of dentine in the epical region of human teeth *International Endodontic Journal* **34(5)** 346-353, <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2591.2001.00393.x>
15. Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, Tay F & Ferrari M (2004) The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements *European Journal of Oral Sciences* **112(4)** 353-361, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0722.2004.00146.x>
16. Onay EO, Korkmaz Y & Kiremitci A (2009) Effect of adhesive system type and root region on the push-out bond strength of glass-fibre posts to radicular dentine *International Endodontic Journal* **43(4)** 259-268, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01643.x>
17. Perdigão J, Gomes G & Augusto V (2007) The effect of dowel space on the bond strengths of fiber posts *Journal of Prosthodontic* **16(3)** 154-164, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-849X.2006.00166.x>
18. Montanari M, Prati C & Piana G (2011) Differential hydrolytic degradation of dentin bonds when luting carbon fiber posts to the root canal *Medicina Oral Patologia Oral y Cirugia Bucal* **16(3)** 411-417, <http://dx.doi.org/10.4317/medoral.16.e411>
19. Wang VJJ, Chen YM, Yip KHK, Smales RJ, Meng QF & Chen L (2008) Effect of two fiber post types and two luting cement systems on regional post retention using the push-out test *Dental Materials* **24(3)** 372-377, <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2007.05.012>
20. Erdemir U, Mumcu E, Topcu FT, Yildiz E, Yamanel K & Akyol M (2010) Micro push-out bond strengths of 2 fiber post types luted using different adhesive strategies *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology* **110(4)** 534-544, <http://dx.doi.org/10.1016/j.tripleo.2010.05.049>
21. Zorba YO, Erdemir A, Turkyilmaz A & Eldeniz AU (2010) Effects of Different Curing Units and Luting Agents on Push-out Bond Strength of Translucent Posts *Journal of Endodontics* **36(9)** 1521-1525, <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2010.04.026>
22. Sahinkesen G, Erdemir U, Oktay EA & Sancakli HS (2011) The effect of post surface silanization and luting agents on the push-out bond strengths of adhesively inserted fiber reinforced posts *International Journal of Adhesion and Adhesives* **31(4)** 265-270, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2011.02.004>

23. Soares CJ, Pereira JC, Valdivia ADCM, Novais VR & Meneses MS (2012) Influence of resin cement and post configuration on bond strength to root dentine. *International Endodontic Journal* **45(2)** 136-145, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01953.x>
24. Calixto LR, Bandeca MC, Clavijo V, Andrade MF, Vaz L & Campos EA (2012) Effect of resin cement system and root region on the push-out bond strength of a translucent fiber post *Operative Dentistry* **37(1)** 80-86, <http://dx.doi.org/10.2341/11-035-L>
25. Giachetti L, Scaminaci Russo D, Baldini M, Bertini F, Steier L & Ferrari M (2011) Push-out strength of translucent fibre posts cemented using a dual-curing technique or a light-curing self-adhering material *International Endodontic Journal* **45(3)** 249-56, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01969.x>
26. Foxton RM, Nakajima M, Tagami J & Miura H (2005) Adhesion to root canal dentine using one and two-step adhesives with dual-cure composite core materials *Journal of Oral Rehabilitation* **32(2)** 97-104, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2842.2004.01404.x>
27. Bitter K, Paris S, Pfuertner C, Neumann K & Kielbassa AM (2009) Morphological and bond strength evaluation of different resin cements to root dentin *European Journal of Oral Sciences* **117(3)** 326-333, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0722.2009.00623.x>
28. Fonseca RG, Cruz CA & Adabo GL (2004) The influence of chemical activation on hardness of dual-curing resin cements *Brazilian Oral Research* **18(3)** 228-232, <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-83242004000300009>
29. Kalkan M, Usumez A, Ozturk AN, Belli S & Eskitascioglu G (2006) Bond strength between root dentin and three glass-fiber post systems *Journal of Prosthetic Dentistry* **96(1)** 41-46, <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2006.05.005>
30. Serafino C, Gallina G, Cumbo E & Ferrari M (2004) Surface debris of canal walls after post space preparation in endodontically treated teeth: A scanning electron microscopic study *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics*. **97(3)** 381-387, <http://dx.doi.org/10.1016/j.tripleo.2003.10.004>
31. de Durão Mauricio PJ, González-López S, Aguilar-Mendoza JA, Félix S & González-Rodríguez MP (2007) Comparison of regional bond strength in root thirds among fiber-reinforced posts luted with different cements *Journal of Biomedical Materials Research. Part B, Applied Biomaterials* **83(2)** 364-372, <http://dx.doi.org/10.1002/jbm.b.30805>
32. Farina AP, Cecchin D, Roberti Garcia LdF, Naves LZ & Panzeri Pires-de-Souza FDC (2011) Bond strength of fibre glass and carbon fibre posts to the root canal walls using different resin cements *Australian Endodontic Journal* **37(2)** 44-50, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1747-4477.2010.00253.x>

33. Bitter K, Perdigão J, Exner M, Neumann K, Kielbassa A & Sterzenbach G.(2012) Reliability of fiber post bonding to root canal dentin after simulated clinical function in vitro *Operative Dentistry* **37(3)** 000-000, <http://dx.doi.org/10.2341/11-066-L>

34. De Munck J, Vargas M, Van Landuyt K, Hikita K, Lambrechts P & Van Meerbeek B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin *Dental Materials* **20(10)** 963-971, <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2004.03.002>

35. Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Vulicevic ZR & Ferrari M (2008) Self-adhesive resin cements: a literature review *The Journal of Adhesive Dentistry* **10(4)** 251-258, <http://dx.doi.org/10.3290/j.jad.a13735>

36. Bergoli CD, Amaral M, Druck CC & Valandro LF (2011) Evaluation of four cementation strategies on the push-out bond strength between fiber post and root dentin. *General Dentistry* **59(6)** 498-502.

Figures and Tables Legends

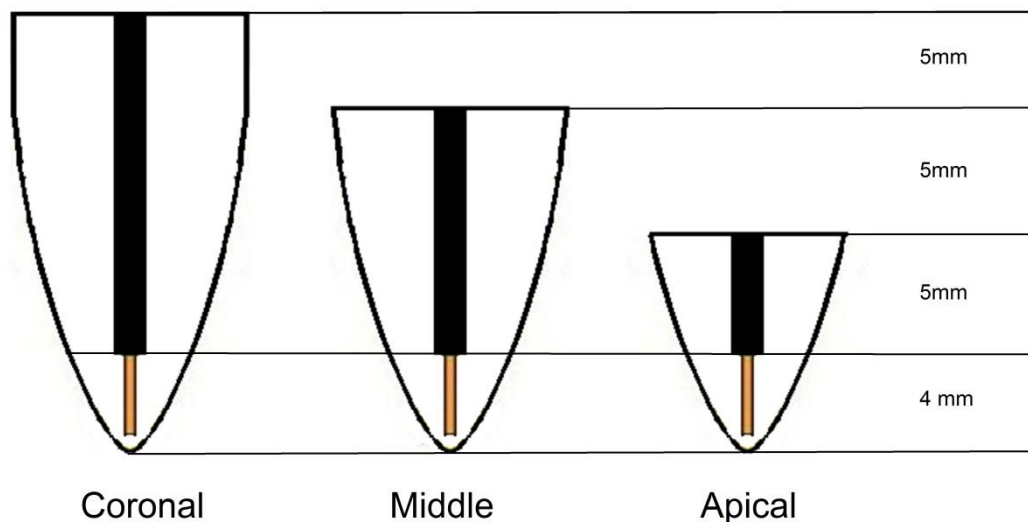


Figure 1 – Classification of roots according to the incident light site. Coronal Group: 15 mm; Middle Group: 10 mm; Apical Group: 5 mm.

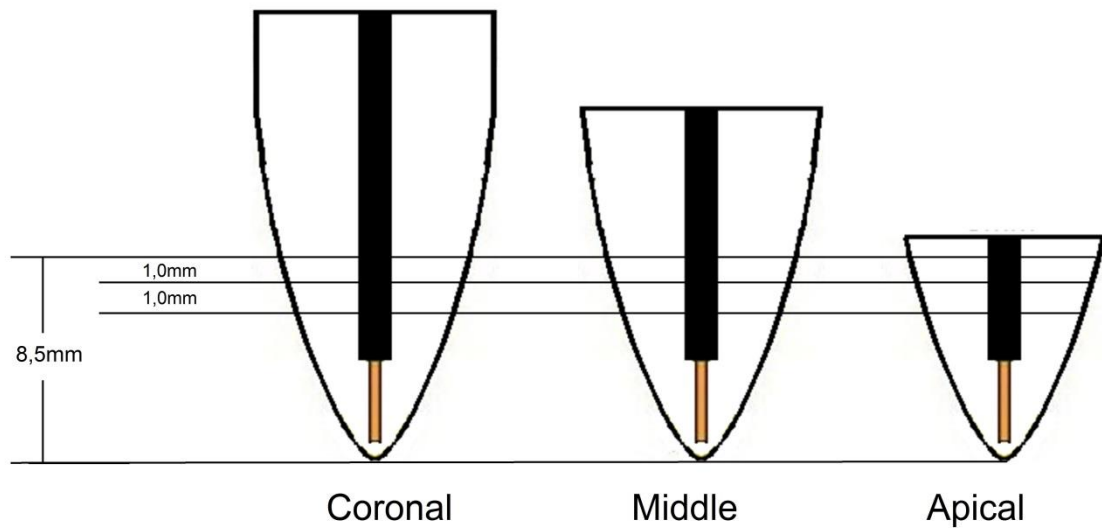
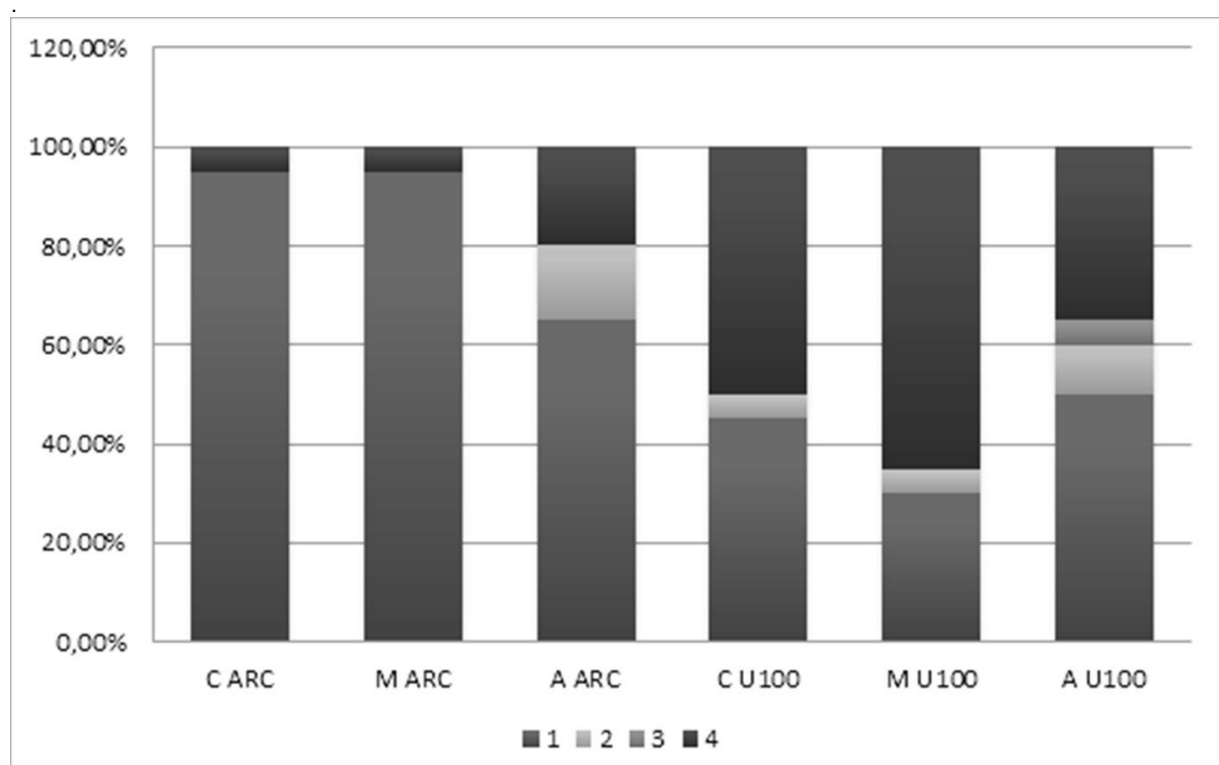


Figure 2. Illustration of the root sections obtained from each group for the push-out test. C, coronal group; M, middle group; and A, apical group



Graphic 1 – Types of failures found. 1) Adhesive failures between dentin and cement; 2) adhesive failures between posts and cement; 3) cement cohesive failures; 4) mixed failures.

Table 1 – Composition of the resin cements systems

Resin cement systems	Composition	Manufacturer
RelyX TM ARC / Adper TM Scotchbond Multi-plus	Silicon-treated ceramic, triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA), bisphenol A diglycidyl methacrylate (Bis-GMA); silicon-treated silica, functionalized dimethacrylate polymer. ACTIVATOR: ethylic alcohol, sodium benzenesulfinate; PRIMER: water, 2-hydroxyethyl methacrylate, polycarboxylic acid copolymer; CATALYST: (1-methyl ethylidene) bis[4,1-phenylene oxo (2-hydroxy-3,1,-propanediyl)] bis methacrylate, 2-hydroxyethyl methacrylate, benzoyl peroxide	3M ESPE
RelyX TM U100	BASE: glass fiber, methacrylate phosphoric acid esters, triethylene glycol dimethacrylate, silane-treated silica, sodium persulfate; CATALYST: glass fiber, substitute dimethacrylate, silane-treated silica, sodium p-toluenesulfonate, calcium hydroxide.	3M ESPE

Table 2. Means (standard deviations) of push-out bond strength in the apical third (MPa). (n=10)

Light-curing access	Resin cement Means (SD)	
	U100	ARC
coronal	8.95 (3.43)aA	4.35 (3.50)aB
middle	8.05 (4.05)aA	4.79 (2.15)abB
apical	9.29 (3.99)aA	7.60 (3.83)bA

Equal capital letters refer to equality in the same line (Mann-Whitney Test, $p \leq 0.05$)

Equal lower letters refer to equality in the same column (Kruskal-Wallis Test, $p \leq 0.05$)

Anexo 3 – Artigo Publicado na Microscopy and Microanalysis

Qualitative evaluation of Scanning Electron Microscopy methods in a study of the resin cement/dentin adhesive interface

Qualitative evaluation of SEM in dentistry

Abstract

The preparation and imaging techniques for scanning electron microscopy (SEM) dehydrate dental tissues, which can hinder structural analyses. The aim of this study was to qualitatively evaluate the images obtained with two different protocols of SEM preparation and analysis to evaluate the dentin adhesive interface. The crown and root dentin of 12 bovine incisors were subjected to cementation with the resin cement RelyX U100 (3M ESPE) or RelyX ARC/SBMP (3M ESPE) (n=6). After storage for 7 days in a moist environment at $37 \pm 1^\circ\text{C}$, the crown and root dentin samples were dehydrated in an ascending alcohol series, and 3 specimens from each group were coated with gold or carbon and examined on a high-vacuum (JEOL JSM - 6360LV, 10 kV) or low-vacuum (FEI Quanta 200F, 15-30 kV) microscope, respectively. The images were obtained at magnifications between 50 and 2,000x. The use of high vacuum for carbon and gold coating and SEM visualisation led to cracks in the samples. Fewer cracks were observed in the specimens subjected to the low-vacuum technique. The protocol of SEM imaging in low vacuum was considered more appropriate for preservation of the integrity of the evaluated structures.

1. Introduction

The increasing use of scanning electron microscopy (SEM) to observe biological materials has occurred concomitantly with the use of SEM to observe dental materials (Perdigao *et al.*, 1995). Electron microscopy has become a widely used resource in dentistry, and its uses range from studies of dental structures to the interactions of such structures with adhesive systems, restorative materials and resin cement systems.

One application of this microscopy technique is particularly linked to the description of the adhesive interface that forms between a dental material and the tooth substrate (Aguilar *et al.*, 2012; Al-Assaf *et al.*, 2007; Ferrari & Mannocci, 2000; Kalkan *et al.*, 2006; Montes *et al.*, 2001; Noirrit *et al.*, 2008; Van Meerbeek *et al.*, 1992; Vaz *et al.*, 2012). This interface was defined by Nakabayashi *et al.* (1982) as a hybrid

layer resulting from the impregnation of a monomer into the demineralised dentin surface to generate an acid-resistant layer of resin-reinforced dentin (Nakabayashi *et al.*, 1982).

However, most studies that have used SEM for such purposes have not provided detailed descriptions of the methodology used to prepare the samples for SEM. It is estimated that the rapid dehydration of dental tissues via the ascending alcohol series technique and the subjection of samples to high- and low-vacuum situations, either during conductive material coating or microscopic analysis, are sufficiently harmful to the studied material to generate cracks in both the hard tissues and the cementation, dentin and enamel systems. These previously described cracks (Al-Assaf *et al.*, 2007) create three-dimensional morphological artefacts in the samples that may hinder obtaining truly representative characterisations of the entire interface. Most studies publish high-magnification images (Aguiar *et al.*, 2012; Al-Assaf *et al.*, 2007; Cehreli *et al.*, 2003; Kalkan *et al.*, 2006; Montes *et al.*, 2001; Vaz *et al.*, 2012) without mentioning any failures in the adhesive/tooth or resin cement/tooth bonds along the interface.

Undoubtedly, the images obtained with SEM are of great relevance to research and descriptive behavioural evaluations of the materials used in dentistry. Obviously, this technique cannot be neglected because it is irreplaceable. Assuming that the high-vacuum pattern generated by both the microscope and the metallisation device could damage the dehydrated dentin samples, a qualitative evaluation of the images obtained with high- and low-vacuum devices was performed to determine the most appropriate methodology. Therefore, the aim of this study was to qualitatively evaluate two electron microscopy methods with different vacuum intensities to observe the adhesive interface between the tooth substrate and dental material.

2. Materials and Methods

Twelve bovine teeth were selected and stored in distilled water under refrigeration for up to 3 months. The roots were sectioned at the cement-enamel junction (CEJ) with a silicon carbide disc (Dentorium, New York, NY, USA) under constant water cooling; the crowns and roots were obtained separately with 19 mm.

To prepare the crowns, progressive abrasion with silicon carbide sandpaper of decreasing grit size (80, 100 and 220-grit) was performed until the dentin was exposed on a circular surface (approximately 5 mm in diameter). Abrasion with 400- and 600-grit sandpaper was performed to standardise the smear layer. Composite

resin blocks (Z250, shade A1; 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) with dimensions of 5 x 5 mm were manufactured, flattened with 600-grit sandpaper and coated with adhesive (Scotchbond Multi Purpose Plus (SBMP); 3M ESPE). To cement the resin blocks to the flattened dentin surfaces, the crowns were separated into 2 groups according to the cement used. In the C1 group (n=6), the dual-cure conventional resin cement RelyX ARC (3M ESPE) was used in association with the SBMP adhesive system while in the C2 group (n=6), the self-adhesive resin cement RelyX U100 (3M ESPE) was used. The cements were used according to the manufacturer's instructions. The cements were light-cured with an LED (Bluephase, Ivoclar Vivadent 1350 mW/cm²) for 20 seconds on each block surface and for an additional 40 seconds perpendicular to the block surface. The product descriptions are shown in Table 1.

The roots were subjected to endodontic preparation with rotary instruments and obturation by the thermo-plastification technique, using gutta-percha cones and AH Plus cement (Dentsply, Petrópolis, Rio de Janeiro (RJ), Brazil). After 7 days of storage in a moist environment, the conduits were prepared, and the Reforpost # 3 fiberglass post (Ângelus, Londrina, Paraná (PR), Brazil) was cemented while retaining a 4-mm remnant of apical obturation. The posts were cemented with RelyX ARC/SBMP for the R1 group (n=6) and RelyX U100 for the R2 group (n=6), under a 10-N load. The cements were light-cured with an LED (Bluephase, Ivoclar Vivadent, 1350 mW/cm²) for 40 seconds on each root surface.

2.1. Preparation of samples for SEM observation

Seven days after cementation, the resin block/crown sets with both cements were horizontally sectioned on a precision cutting machine fitted with a double-sided diamond disc (Isomet 1000; Buhler, Lake Bluff, IL, USA). Hemisection samples were obtained from the adhesive interface area of the crown. The post/root sets were cut perpendicular to the long axis of the tooth to obtain root cross-sections. The samples were then embedded in resin (Crystal orthophthalic resin, Belo Horizonte, Brazil) and cured for a period of up to 24 hours. Next, the samples were polished (polisher, APL-4; Arotec, Cotia, state of São Paulo (SP), Brazil) with 600- and 1000-grit silicon carbide sandpaper and 1200-, 2000- and 2500-grit Al₂O₃ sandpaper (Carborundum Abrasives, Pernambuco, Pernambuco (PE), Brazil). Polished samples were observed under a stereomicroscope with 50x magnification before and after electron microscopy. The samples underwent superficial demineralisation with 50%

phosphoric acid for 3 seconds, were rinsed in running water for 1 minute and were deproteinated by immersion in 2.5% NaOCl for 10 minutes. Subsequently, the samples were washed 3 times with distilled water and immersed in solutions of increasing ethanol concentrations (25, 50, 75, 95 and 100%) for approximately 20 minutes per solution. The 100% solution immersion was repeated 3 times.

After drying at room temperature for 10 minutes, the samples were placed into a hermetically sealed container that contained silica gel for at least 24 hours prior to carbon or gold coating. The samples were divided into 2 groups of roots and 2 groups of crowns (n=3) according to the microscope with which they were observed: H, high-vacuum scanning electron microscope (JEOL JSM - 6360LV) at an accelerating voltage of 10 kV and a working distance of 30 mm, and the samples were coated with gold under a high vacuum (sputtering Baltec MED 020 model); L, low-vacuum scanning electron microscope (FEI Quanta 200F) at an accelerating voltage between 15 and 30 kV and a working distance ranging from 9 to 14 mm, and the samples were coated with a carbon layer under a medium-vacuum (Balzers SCD 050). The images were obtained with increasing magnifications to describe the morphological characteristics of the samples and detect possible artefacts generated by each technique.

3. Results and Discussion

The resin cement selection was related to the fact that the RelyX ARC forms a true hybrid layer that is observable under SEM due to prior acid etching of the substrate, whereas RelyX U100 only forms an interaction with the tooth surface.

In preliminary observations, the samples were prepared as described in the literature and analysed with high-vacuum microscopy. However, the obtained images did not permit a proper analysis due to the presence of artefacts (cracks and fractures). The studies reported in the literature usually present highly magnified images, which cannot be used to assess whether the desirable characteristics of the adhesive interface were due to the sample preparation method itself or to the qualitative selection of regions without defects and artefacts (Table 1) (Abou-Id *et al.*, 2012; Adebayo *et al.*, 2012; Haragushiku *et al.*, 2012; Vaz *et al.*, 2012; Adebayo *et al.*, 2010; Hirabayashi *et al.*, 2011; Margvelashvili *et al.*, 2010; Noirrit *et al.*, 2008; Yuan *et al.*, 2007; Giachetti *et al.*, 2004; Yoshiyama *et al.*, 2004; Cehreli *et al.*, 2003; Montes *et al.*, 2001; Ferrari & Mannocci, 2000).

In early observations that were performed under high vacuum, a large portion of the samples exhibited cracks and characteristic spacing between the cement and the dental tissue. Images consistent with those presented previously in the literature were obtained only in small portions of the samples and were distant from the fractured and/or spaced regions. This fact significantly restricted the representativeness of the images relative to the whole sample.

The analysis under a stereomicroscope with 50x magnification showed that the cracks occurred only after submitting the samples to high vacuum.

Image analysis revealed that, in general, the samples that were visualised by SEM under high vacuum had fractures in the dentin and spacing between the resin cement and the dentin for both analysed cements (Figures 1a, 1b, 2a, 2b, 4a, 4b and 4c). This pattern was rather obvious, particularly at lower magnifications. However, in the analyses that incorporated low-vacuum SEM, it was possible to obtain images in which there were no fractures in the specimens and no formation of gaps between the cement and the dentin (Figures 1c, 1d, 3a, 3b, 3c, 3d, 5a, 5b, 5c and 5d), regardless of the magnification selected.

In the root cross-sections, the presence of cracks was more evident in the high-vacuum analysis. Figure 2a (35x magnification) shows a significantly altered sample that includes breaking points in the hybrid layer (Figure 2b, 500x magnification). However, Figures 2c and 2d could be presented as representative of the interaction between the cement and dentin, with the formation of resin tags in the demineralised dentinal tubules. A similar analysis that was performed under low vacuum showed the sample integrity along the root canal dentin (Figure 3) in images generated at different magnifications; these were representative of the hybrid layer formation. In both cases, if only the higher-magnification images were analysed, as is true in many studies (Aguiar *et al.*, 2012; Al-Assaf *et al.*, 2007; Cehreli *et al.*, 2003; Kalkan *et al.*, 2006; Montes *et al.*, 2001; Vaz *et al.*, 2012), one could conclude that both techniques were suitable for analysing interface integrity. The same pattern was observed in Figures 4 and 5.

Table 1 presents some articles that used SEM to analyse dental tissues along with the respective methodological information. There is no standardisation with regard to image magnification, and some studies lack some methodological information, such as the vacuum intensity used during both metallisation and electron microscopy. Such methodological descriptions could contribute to image reproducibility and data

comparisons. For example, Yoshiyama *et al.* (2004) evaluated the hybrid layer patterns in healthy dentin, caries-affected dentin and caries-infected dentin. The images were displayed with details on the order of 2 μm , but no information was provided about the magnification and the sample preparation methods for this analysis step.

Even the sample dehydration method could lead to changes in dentin behaviour when switching from atmospheric pressure to vacuum conditions. Cantoro *et al.* (2008) evaluated dentin/cement interfaces with the dual-cure cements RelyX Unicem and Panavia F 2.0 but provided no information about the dehydration procedure. The microscopy was performed on duplicate samples with the addition of silicone and on replicas with polyether and gold coating. Although the authors did not provide explanations, there were pores in the images that could be interpreted either as bubbles in the resin or as negative impression molds of protrusions in the replicated structures. Such structures could be due to moisture or to the actual generation of bubbles during molding; however, the artefacts were not discussed. In the same study, discontinuities in the cement/dentin interfaces were also observed, although the resin tags were visualised in the dentinal tubules.

Giachetti *et al.* (2004) studied various forms of dentin deproteinisation to evaluate the depths of the resin tags after acid etching. The authors performed dehydration with an ascending alcohol series, followed by critical-point drying and gold coating. The images shown are of very high quality with no signs of cracks. However, the authors questioned whether the tags displayed in the hybrid layer were actually resin or if they consisted of glycosaminoglycans.

Although the images shown by the cited authors are of high quality, the lack of methodological details compromises the reproducibility of the findings presented in the literature. It is worth noting that the image quality of the gold-coated samples is higher than that of the carbon-coated samples. Both types of coating facilitate the generation of a layer that is conductive to the electron beam striking the sample. The metal layer deposited on the sample can reduce the penetration of electrons that reach the analysed surface, thus considerably increasing the edge resolution of the studied object. In light of the atomic weight difference between gold and carbon (gold, $Z=197$; carbon, $Z=12$), the gold-coated samples are expected to have a layer that is more resistant to electron penetration compared to the carbon-coated samples.

Future studies should describe the sample drying procedures and any sample production methods that incorporate pressure manipulation. Likewise, analytical procedures that use SEM would be best parameterised if a minimum amount of information, including the voltage conditions, working distance, magnification, vacuum conditions and the detected electron signal, were provided for each study.

5. Conclusions

The use of high vacuum for metallisation and SEM visualisation favoured the emergence of cracks and gaps in the samples relative to the samples analysed under low vacuum.

The method of carbon metallisation and microscopic observation under a low vacuum was more suitable to the purpose of this study of the quality of the cement/dentin interactions because it maintained sample integrity.

Further studies should be performed to quantitatively parameterise the optimal specific conditions that lead to the generation of representative images of cement/dentin interactions.

Reference

- ABOU-ID, L.R., MORGAN, L.F., SILVA, G.A., POLETTO, L.T., LANZA, L.D. & ALBUQUERQUE RDE, C. (2012). Ultrastructural evaluation of the hybrid layer after cementation of fiber posts using adhesive systems with different curing modes. *Braz Dent J* **23**(2), 116-121.
- ADEBAYO, O.A., BURROW, M.F. & TYAS, M.J. (2010). Resin-dentine interfacial morphology following CPP-ACP treatment. *J Dent* **38**(2), 96-105.
- ADEBAYO, O.A., BURROW, M.F., TYAS, M.J. & PALAMARA, J. (2012). Effect of tooth surface preparation on the bonding of self-etching primer adhesives. *Oper Dent* **37**(2), 137-149.
- AGUIAR, T.R., ANDRE, C.B., ARRAIS, C.A.G., BEDRAN-RUSSO, A.K. & GIANNINI, M. (2012). Micromorphology of resin-dentin interfaces using self-adhesive and conventional resin cements: A confocal laser and scanning electron microscope analysis. *Int J Adhes Adhes* **38**, 69-74.
- AL-ASSAF, K., CHAKMAKCHI, M., PALAGHIAS, G., KARANIKA-KOUMA, A. & ELIADES, G. (2007). Interfacial characteristics of adhesive luting resins and composites with dentine. *Dent Mater* **23**(7), 829-839.
- CEHRELI, Z.C., YAZICI, A.R., AKCA, T. & OZGÜNTAY, G. (2003). A morphological and micro-tensile bond strength evaluation of a single-bottle adhesive to caries-affected human dentine after four different caries removal techniques. *J Dent* **31**(6), 429-435.

- FERRARI, M. & MANNOCCI, F. (2000). A 'one-bottle' adhesive system for bonding a fibre post into a root canal: an SEM evaluation of the post-resin interface. *Int Endodontic J* **33**(4), 397-400.
- GIACHETTI, L., BERTINI, F. & SCAMINACI RUSSO, D. (2004). Investigation into the nature of dentin resin tags: a scanning electron microscopic morphological analysis of demineralized bonded dentin. *J Prosthet Dent* **92**(3), 233-238.
- HARAGUSHIKU, G.A., TEIXEIRA, C.S., FURUSE, A.Y., SOUSA, Y.T., DE SOUSA NETO, M.D. & SILVA, R.G. (2012). Analysis of the interface and bond strength of resin-based endodontic cements to root dentin. *Microsc Res Tech* **75**(5), 655-661.
- HIRABAYASHI, S., YOSHIDA, E. & HAYAKAWA, T. (2011). SEM analysis of microstructure of adhesive interface between resin cement and dentin treated with self-etching primer. *Dent Mater J* **30**(4), 528-536.
- KALKAN, M., USUMEZ, A., OZTURK, A.N., BELLI, S. & ESKITASCIOGLU, G. (2006). Bond strength between root dentin and three glass-fiber post systems. *J Prosthet Dent* **96**(1), 41-46.
- MARGVELASHVILI, M., GORACCI, C., BELOICA, M., PAPACCHINI, F. & FERRARI, M. (2010). In vitro evaluation of bonding effectiveness to dentin of all-in-one adhesives. *J Dent* **38**(2), 106-112.
- MONTES, M.A., DE GOES, M.F., DA CUNHA, M.R. & SOARES, A.B. (2001). A morphological and tensile bond strength evaluation of an unfilled adhesive with low-viscosity composites and a filled adhesive in one and two coats. *J Dent* **29**(6), 435-441.
- NAKABAYASHI, N., KOJIMA, K. & MASUHARA, E. (1982). The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res* **16**(3), 265-273.
- NOIRRIT, E.E., GREGOIRE, G. & COURNOT, M. (2008). Morphological study of fiber-reinforced post-bonding system-root dentin interface by evaluation of two bonding systems. *J Dent* **36**(3), 204-213.
- PERDIGAO, J., LAMBRECHTS, P., VAN MEERBEEK, B., VANHERLE, G. & LOPES, A.L. (1995). Field emission SEM comparison of four postfixation drying techniques for human dentin. *J Biomed Mater Res* **29**(9), 1111-1120.
- VAN MEERBEEK, B., INOKOSHI, S., BRAEM, M., LAMBRECHTS, P. & VANHERLE, G. (1992). Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res* **71**(8), 1530-1540.
- VAZ, R.R., HIPÓLITO, V.D., D'ALPINO, P.H. & GOES, M.F. (2012). Bond strength and interfacial micromorphology of etch-and-rinse and self-adhesive resin cements to dentin. *J Prosthodont* **21**(2), 101-111.
- YOSHIYAMA, M., DOI, J., NISHITANI, Y., ITOTA, T., TAY, F.R., CARVALHO, R.M. & PASHLEY, D.H. (2004). Bonding ability of adhesive resins to caries-affected and caries-infected dentin. *J Appl Oral Sci* **12**(3), 171-176.
- YUAN, Y., SHIMADA, Y., ICHINOSE, S. & TAGAMI, J. (2007). Effect of dentin depth on hybridization quality using different bonding tactics in vivo. *J Dent* **35**(8), 664-672.

Table 1 – Composition of the resin cements systems

Resin cement systems	Composition	Manufacturer
RelyX™ ARC / Adper™ Scotchbond Multi-plus	Silicon-treated ceramic, triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA), bisphenol A diglycidyl methacrylate (Bis-GMA); silicon-treated silica, functionalized dimethacrylate polymer. Lot-number: FX8HW. ACTIVATOR: ethylic alcohol, sodium benzenesulfinate. Lot-number: 8LA; PRIMER: water, 2-hydroxyethyl methacrylate, polycarboxylic acid copolymer. Lot-number: 8BU; CATALYST: (1-methyl ethylidene) bis[4,1-phenylene oxo (2-hydroxy-3,1-propanediyl)] bis methacrylate, 2-hydroxyethyl methacrylate, benzoyl peroxide. Lot-number: 8BE.	3M ESPE
RelyX™ U100	BASE: glass fiber, methacrylate phosphoric acid esters, triethylene glycol dimethacrylate, silane-treated silica, sodium persulfate; CATALYST: glass fiber, substitute dimethacrylate, silane-treated silica, sodium p-toluenesulfonate, calcium hydroxide. Lot-number: 415462.	3M ESPE

Table 2 – Articles that used SEM in dentistry applications with descriptions of the techniques mentioned in the articles and the respective magnifications.

Authors	Microscope	Vacuum type	Metallisation	Magnification
Ferrari M, Manocci F <i>et al.</i> , 2000	Philips 515 (Philips Co., Amsterdam, The Netherlands)	Not reported	Metal: gold Equipment: Edwards Ltd, London, UK Pressure: not reported	195 to 5,000x
Montes MAJR <i>et al.</i> , 2001	SEM - JEOL-5600 LV at 15 kV	Not reported	Metal: gold Equipment: SCD 005 (BAL-TEC AG) Pressure: not reported	200 to 1,300x
Giacheti L <i>et al.</i> , 2004	SEM - Philips 515 (Philips Co., Amsterdam, The Netherlands) at 15 kV accelerating voltage	Not reported	Metal: 200 Å gold-palladium Equipment: SCD 005 (BAL-TEC AG) Pressure: not reported	1,100 to 4,580x
Yoshiyama M <i>et al.</i> , 2004	Not reported	Not reported	Not reported	Not reported
Yuan Y <i>et al.</i> , 2007	FE-SEM - S-4500 (Hitachi Ltd., Hitachinaka, Japan)	Not reported	Metal: gold Equipment: not reported Pressure: not reported	2,000x
Noirrit EE <i>et al.</i> , 2008	Not reported	Not reported	Not reported	440 to 480x
Adebayo OA <i>et al.</i> , 2010	FE-SEM - Quanta 200F (FEI, OR) at 5 kV, 10 kV	Not reported	Metal: gold-coated Equipment: Dynavac Mini Coater, SC 100 M (Dynavac Engineering Pty, VIC, Australia) Pressure: not reported	5,000 to 12,000x
Margvelashvili M <i>et al.</i> , 2010	SEM - JSM-6060LV (JEOL, Tokyo, Japan)	Not reported	Metal: 15 to 20 nm-thick gold layer Equipment: SC7620 Sputter Coater device (Polaron Range, Quorum Technologies, England) Pressure: not reported	5,00 to 1,000x
Hirabayashi S <i>et al.</i> , 2011	(JSM600LV/ JED2200; JEOL, Tokyo, Japan) at 15 kV	Not reported	Metal: gold Equipment: Quick Auto Coater (Sanyu Denshi, Tokyo, Japan) Pressure: not reported	2,000 to 5,000x
Vaz RR <i>et al.</i> , 2012	SEM - JEOL-5600 LV at 15 kV	Not reported	Metal: gold/palladium Equipment: SCD 050 Pressure: not reported	3,000 to 6,000x
Abou-Id LR <i>et al.</i> , 2012	JSM 840A (Jeol, Tokyo, Japan)	Not reported	Metal: not reported Equipment: Edwards Pirani 501 (Scancoat Six, UK) Pressure: not reported	400 to 1,500x
Adebayo OA <i>et al.</i> , 2012	FE-SEM - Quanta 200F (FEI, Hillsboro, OR, USA).	Not reported	Metal: gold Equipment: not reported Pressure: not reported	2,000 to 5,000x
Haragushiku GA <i>et al.</i> , 2012	Not reported	Not reported	Metal: not reported Equipment: not reported Pressure: not reported	500x

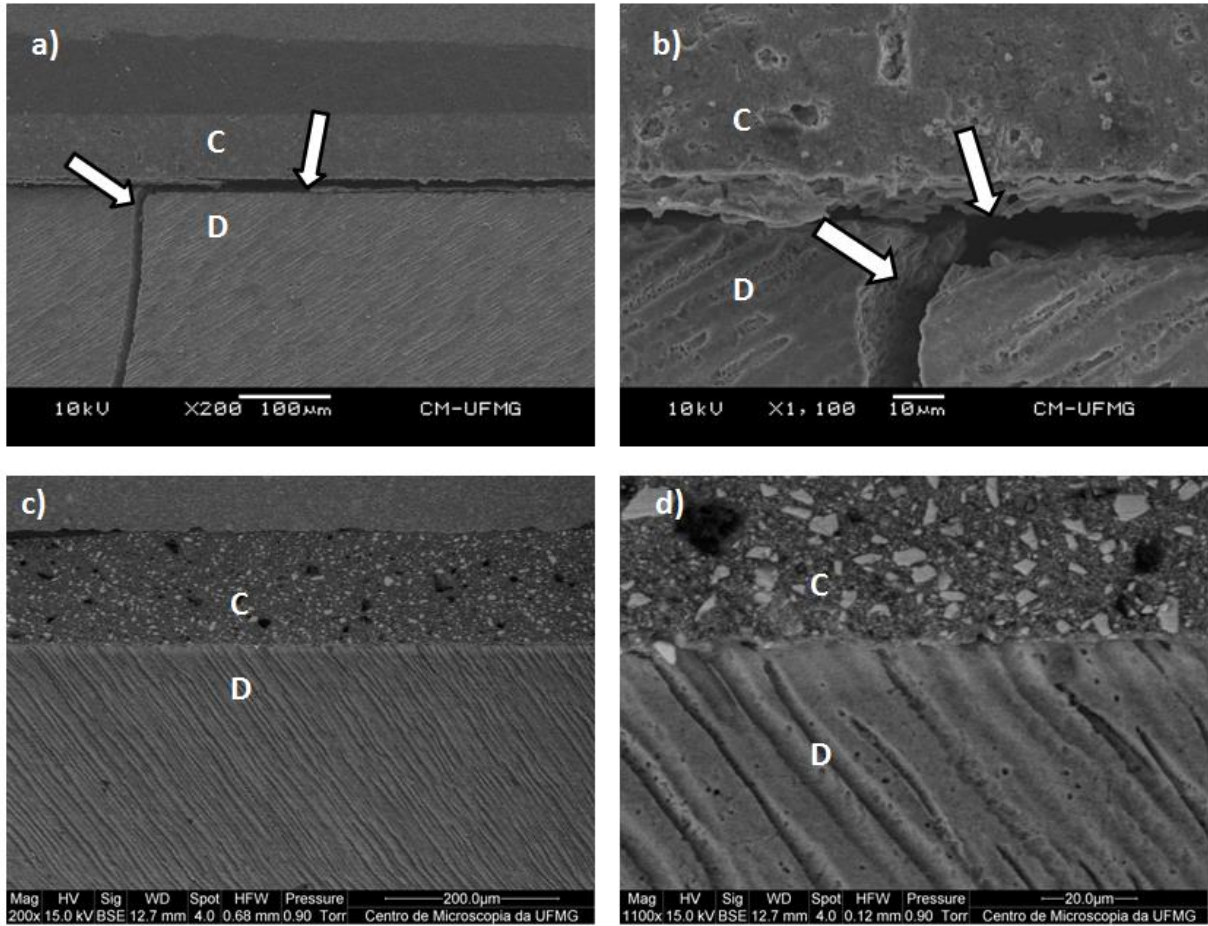


Figure 1 – Adhesive interface between the resin cement system RelyX U100 and crown dentin. JEOL device observations: a - 200x magnification; b - 1,100x magnification. Quanta device observations: c - 200x magnification; d - 1,100x magnification. Arrow indicates cracks in the specimen; D, dentin; C, cement.

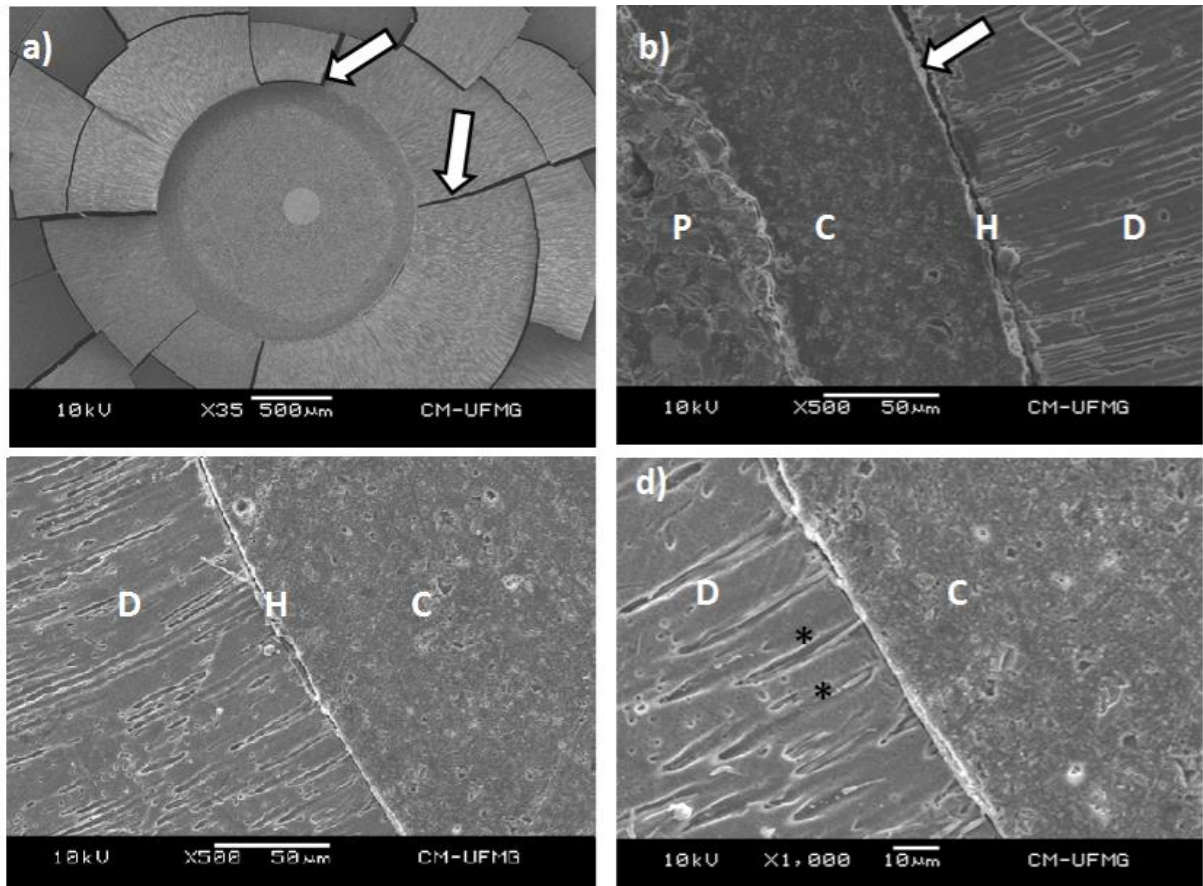


Figure 2 – Adhesive interface between the resin cement system RelyX ARC and root dentin observed with the JEOL device: a - 35x magnification; b - 300x magnification; c - 500x magnification; d - 1,000x magnification. Arrow indicates cracks in the specimen; D, dentin; C, cement; H, hybrid layer; *, resin tags.

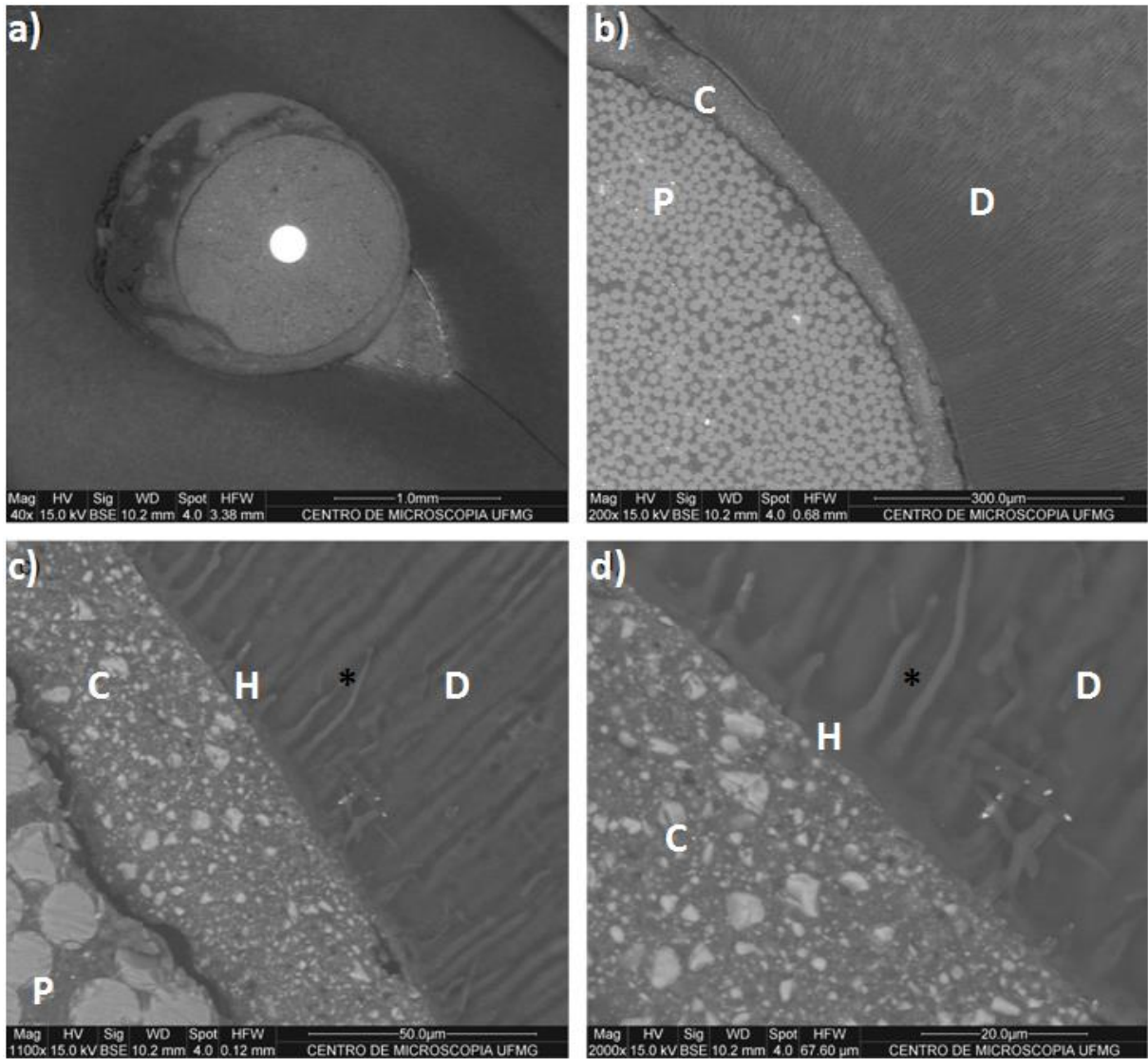


Figure 3 – Adhesive interface between the resin cement system RelyX ARC and root dentin observed with the Quanta device: a - 50x magnification; b - 200x magnification; c - 1,100x magnification; d - 2,000x magnification. D, dentin; C, cement; H, hybrid layer; *, resin tags.

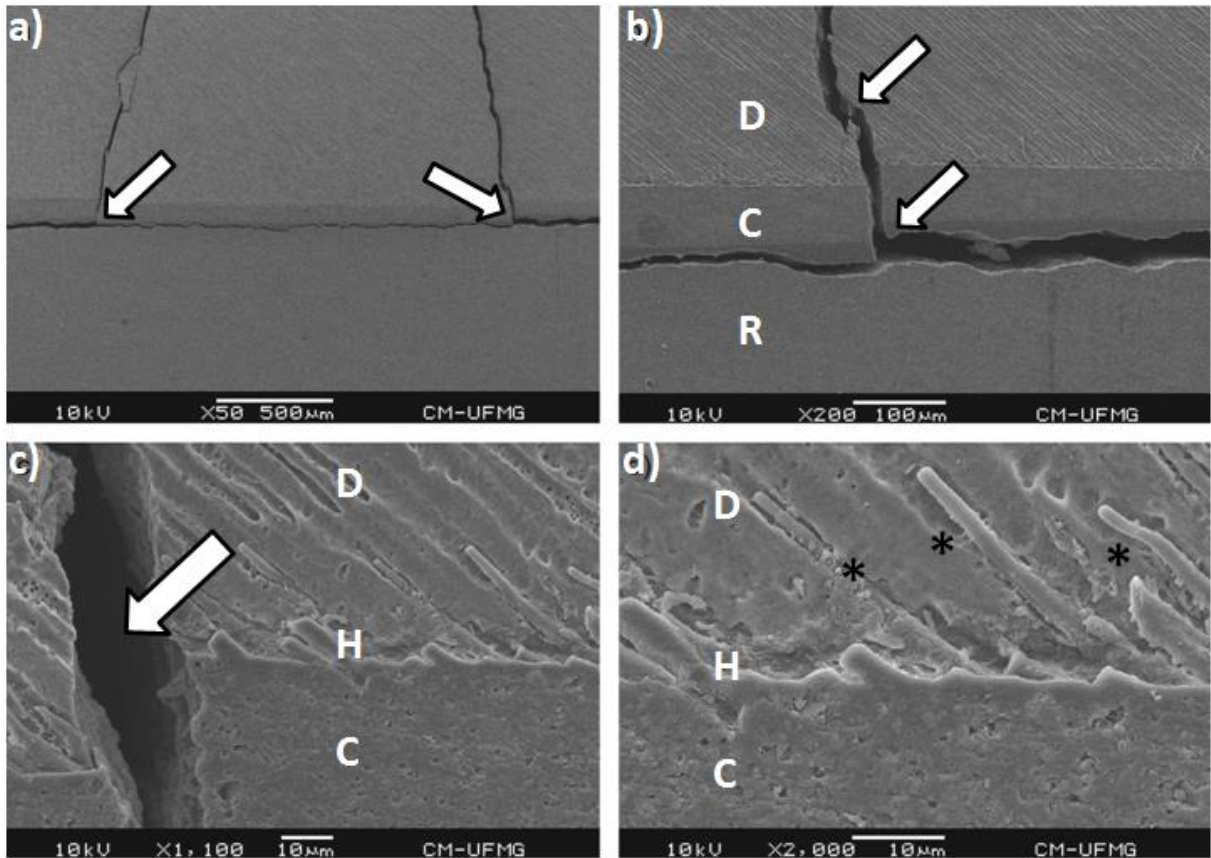


Figure 4 – Adhesive interface between the resin cement system RelyX ARC and crown dentin observed with the JEOL device: a - 50x magnification; b - 200x magnification; c - 1,100x magnification; d - 2,000x magnification. Arrow indicates cracks in the specimen; D, dentin; C, cement; H, hybrid layer; *, resin tags.

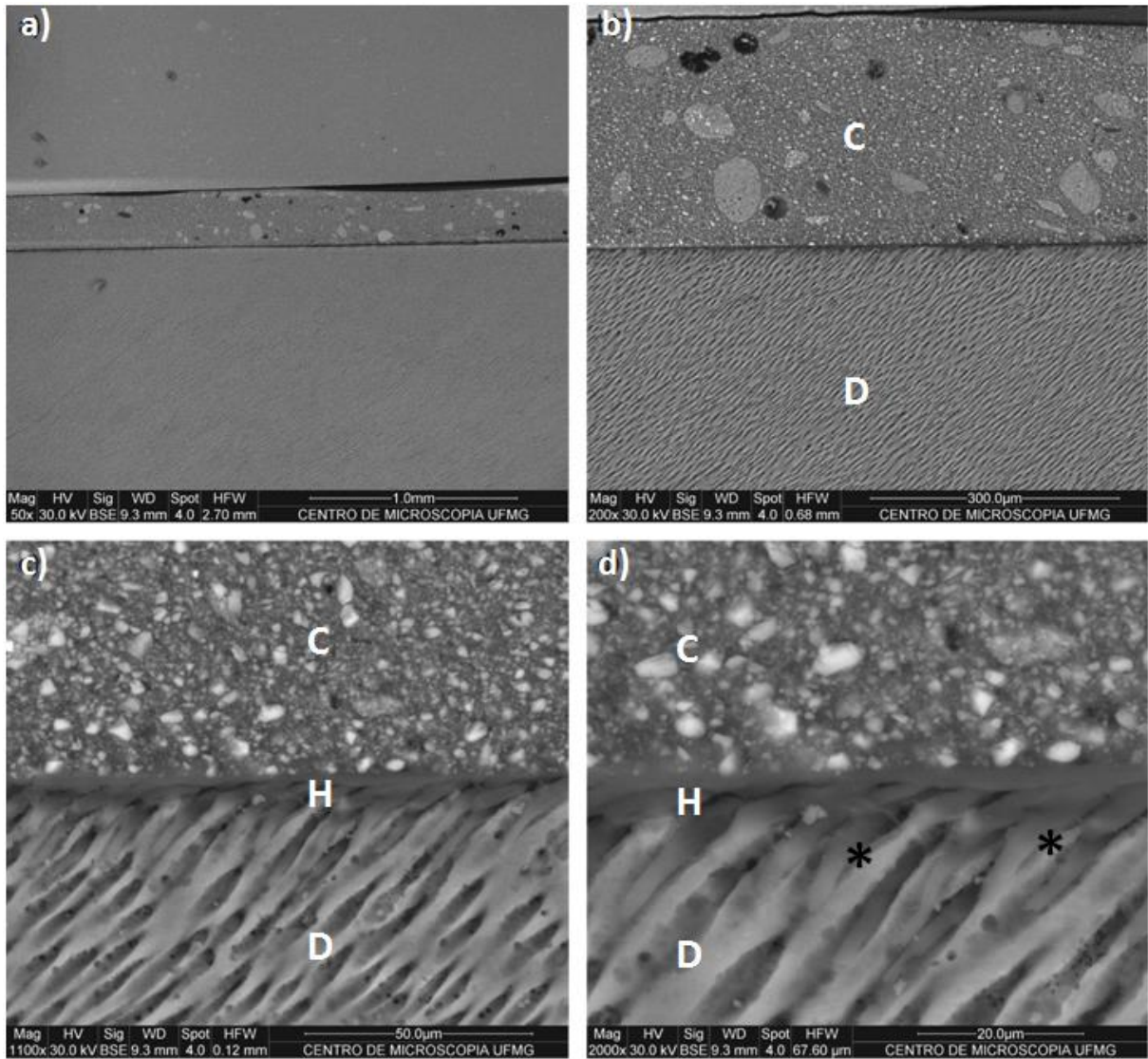


Figure 5 – Adhesive interface between the resin cement system RelyX ARC and crown dentin observed with the Quanta device: a - 50x magnification; b - 200x magnification; c - 1,100x magnification; d - 2,000x magnification. Arrow indicates cracks in the specimen; D, dentin; C, cement; H, hybrid layer; *, resin tags.