

Rodrigo Dantas Pereira

**Efeito do protocolo de fotoativação de cimentos
resinosos nas propriedades mecânicas e
resistência de união na cimentação de pino de
fibra de vidro**

Dissertação apresentada à Faculdade
de Odontologia da Universidade de
Uberlândia, para obtenção do Título de
Mestre em Odontologia, Área de
Concentração em Clínica Odontológica.

Uberlândia – 2012

Rodrigo Dantas Pereira

**Efeito do protocolo de fotoativação de cimentos
resinosos nas propriedades mecânicas e
resistência de união na cimentação de pino de
fibra de vidro**

Dissertação apresentada à Faculdade
de Odontologia da Universidade de
Uberlândia, para obtenção do Título de
Mestre em Odontologia, Área de
Concentração em Clínica Odontológica.

Orientador: Prof. Dr. Carlos José Soares

Banca Examinadora: Prof. Dr. Carlos José Soares

Prof. Dr. Murilo de Souza Menezes

Prof. Dr. André Luís Faria e Silva

Uberlândia

20012

DEDICATÓRIA

À DEUS,

por estar sempre presente e guiando meus caminhos, mesmo com minhas constantes ausências. Sem Ele nunca teria chegado onde cheguei.

Ao meu pai **Aparecido** (in memoriam)

que apesar de pouco estudo foi um grande homem que me guiou e orientou meus passos durante o período que esteve presente. Homem digno que sempre esteve ao meu lado e sempre me direcionou para os estudos. Essa vitória é nossa.

A minha mãe **Beatriz e irmã Rosimeire**

que estiveram sempre ao meu lado me apoiando e estimulando nas mais adversas situações e, acima de tudo, compreendendo minha ausência em todo esse tempo. Minha mãe em especial por ser o pilar e alicerce desta longa caminhada e em muitas situações obrindo mão de seus sonhos para realização dos meus.

A toda a minha família em especial a minha avó Terezinha, meus tios **José**

Luiz, Isete, Ana Lourdes e Glória e meus primos Higor,

Marcos Vinícius, André Luis e Ana Luiza que participaram

ativamente de toda minha vida acadêmica me apoiando e estimulando sempre.

AGRADECIMENTOS

Ao amigo e Professor Carlos José Soares

Por me receber em Uberlândia e ter me orientado em todos esses dois anos de mestrado. Nesses dois anos consegui ver na pessoa do professor Carlos o amor que todos devíamos ter a nossa profissão e ao nosso ambiente de trabalho, valorizando o mínimo para conseguir o nosso máximo. Um exemplo de pesquisador que não visa simplesmente algo pontual e sim algo à longo prazo, baseado no carinho e atenção com seus orientados. Com o senhor pude aprender que por mais simples que seja um trabalho, ele merece absoluta atenção e cuidado. Mas que acima do amor a pesquisa devermos amar e ter atenção especial com a família e amigos, e que esses sim são o suporte para tudo que fazemos.

Ao amigo e Professor Murilo de Souza Menezes

Por ter sido um grande estimulador para minha vinda para Uberlândia. Muito obrigado pelos conhecimentos passados, possibilitar um convívio mais próximo com atividades práticas junto aos alunos e aprender um pouco sobre a importância do cuidado com tudo o que se faz. Obrigado, acima de tudo, por ser um grande amigo e conselheiro, que nos momentos mais difíceis esteve sempre ao meu lado me ajudando em tudo.

Ao amigo e Professor André Luís Faria e Silva,

Por ter sido junto ao professor Murilo um estimulador para minha vinda para Uberlândia. Nele tive o exemplo que apesar de sair de uma instituição sem tradição em pesquisa é possível vencer nesse meio e que para isso basta ter dedicação e amor a profissão. Obrigado também por ser um amigo que sempre esteve à disposição para ajudar, apesar da pouca convivência e contato.

Aos amigos e Professores Paulo Quagliatti, Paulo Vinícios e Paulo César

Obrigado por me possibilitarem conviver e ser amigo de vocês, por seus conselhos, auxílios, ensinamentos e bons momentos que passamos juntos

Às amigas e Professoras Veridiana e Gisele

Obrigado pela amizade, confiança e convívio que tive com vocês. Que vocês possam sempre ser essas pessoas carinhosas e atenciosas.

Aos professores Manoel Brito-Júnior e Andréa Eleutério

Obrigado pela confiança, amizade e conhecimentos que recebi de vocês. Ainda na graduação vocês conseguiram despertar em mim o interesse pela pesquisa e a importância da mesma para a odontologia.

Aos professores do programa de Pós-graduação Flávio Domingues das Neves, Paulo Simamoto, João Carlos Biffi, Alfredo Fernandes Júlio Neto, Roberto Elias, Denildo Magalhães, Adérito Soares da Mora e Duriguetto

Agradeço por todos os conhecimentos adquiridos com vocês durante a minha pós-graduação, seja em aula, discussão de casos clínicos ou mesmo em conversas informais.

Às professoras Priscilla Soares e Maria Antonieta

Obrigado pela oportunidade de trabalhar e aprender muito com vocês no Centrinho de Trauma.

A todos os professores das Faculdades Unidas do Norte de Minas, em especial aos professores Altair, Adalberto, Leandro e Walison

Obrigado por participarem ativamente de toda minha formação acadêmica clínica e científica. Mas além de professores vocês são grandes amigos, que me apoiam e auxiliam sempre.

Aos amigos Aline e Maiolino

Exemplo de casal, que são acima de tudo amigos e por isso conseguem um convívio harmônico. Espero que sejam muito feliz nessa longa vida que terão juntos, que possam ter uma família com a essência de vocês: sem vaidade, com muita amizade, felicidade e paz. Que consigam tudo o sucesso profissional que almejam e merecem. Agradeço especialmente pela convivência e amizade de vocês nesses dois anos, que este convívio e amizade dure para toda vida. Vocês foram nesses dois anos uma referência de amizade e família.

Ao amigo e irmão Crisnicaw

Um homem de nome complicado, que possivelmente não encontre outro no mundo com o mesmo nome. Possivelmente Cris porque você é único no mundo sim, uma pessoa que sabe ser um grande amigo, companheiro e irmão. Obrigado por todos os momentos em que estivemos juntos, pela força que me dava nos momentos mais difíceis, pela troca de conhecimentos e por estar sempre feliz e fazendo com que nosso ambiente de convívio ficasse melhor. Que você meu amigo, seja sempre essa pessoa maravilhosa que cultiva bem suas amizades e que acima de tudo alcance todos os seus objetivos e tenha muito sucesso na carreira profissional.

Aos amigos e colegas de Pós-graduação em especial Éverton, Luiz Fernando, João Paulo, Mário Serra, Josemar, Marcel, Danilo e Thiago Paulista

Obrigado pela convivência nesses dois anos. Pela troca de conhecimentos e por todas as nossas boas e intermináveis histórias. Que todos continuem trilhando o longo caminho do conhecimento, melhorando e aperfeiçoando cada dia mais e que ao fim todos sejam mestres e doutores de muito sucesso, mas sem perder a essência de cada um.

As amigas e colegas de Pós-Graduação em especial Euridsse, Lorraine, Robertinha, Luíza, Giovana, Fabrícia, Cris, Rayssa, Manuela, Fabiana, Marina Majadas, Morgana, Juliana, Michele e Aline ...

Agradeço por toda paciência que tiveram comigo nesse tempo, pelo carinho, atenção e convívio. Cada uma sabe o quão especial e importante é para mim. Espero que todas alcance muito sucesso na vida profissional e pessoal.

Ao meu “pai” Luís Raposo e minha “mãe” Analice

Obrigado por todo carinho, amizade e atenção. Vocês foram peças fundamentais nesses dois anos e espero que continuem sem em toda minha vida. Não os chamo de pai e mãe a toa, mas sim porque cuidaram de mim e me orientaram. Desejo a vocês uma longa vida juntos, com muita felicidade, realizações e sucesso e que nunca esqueçam o filhinho nordestino feio de vocês.

Aos amigos Lucas Dantas, João Lyra, George, Andréa, Marília, Luciana Zaramela, Fabiane Maria...

Obrigado por todo carinho, amizade e conhecimento que recebi de vocês.

À grande amiga e conselheira Isabel...

Obrigado por toda atenção e cuidado a mim desprendidos em um dos momentos mais difíceis nesses dois anos. Sou muito grato por toda atenção e pelos diversos conselhos que me deu nesse período.

Aos amigos e companheiros da graduação, com quem pude conviver e viver bons momentos durante esses anos.

Aos alunos de Iniciação científica e monitoria, obrigado pela relação de respeito, cumplicidade e dedicação sempre compartilhada.

Aos funcionários da faculdade, em especial o Sr. Advaldo, Romildo, Graça, Wilton, Lindomar, Daniela e Aline. Obrigado pelo apoio, atenção e profissionalismo constante.

À Universidade Federal de Uberlândia, em especial ao Professor Alfredo. Um administrador que constrói a cada dia uma universidade que tenho orgulho de ter sido aluno, mesmo que em um curto período de tempo.

À Faculdade de Odontologia, em especial aos administradores Professor Márcio Magno, Paulo Vinícius e diretor do Hospital Odontológico, Professor Márcio Teixeira. Obrigado pelo apoio em diversas situações e por guiar essa instituição com grande profissionalismo, sempre associando graduação e pós-graduação.

Ao LIPO, minha terceira casa em Uberlândia, onde foi possível a realização do meu experimento.

Ao Laboratório de Tecnologia em Atrito e Desgaste – LTDA - em especial ao Professor Sinésio Franco e Rafael Resende Pires, pela colaboração fundamental para realização do ensaio de dureza.

Às empresas Ângelus e 3M-ESPE, pela doação dos materiais solicitados.

EPÍGRAFE

“Não tentes ser bem sucedido, tenta antes ser um
homem de valor.”

Albert Einstein

“Faça o que fizer, não se auto congratule demais,
nem seja severo demais com você. As suas
escolhas tem sempre metade das chances de dar
certo, é assim com todo mundo”

Mary Schimich

SUMÁRIO

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	01
RESUMO.....	04
ABSTRACT.....	07
1 – INTRODUÇÃO.....	10
2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1 Desempenho clínico e laboratorial de pinos de fibra de vidro.....	15
2.2 Fatores que influenciam a união de pinos de fibra de vidro a dentina radicular.....	20
2.3 Propriedades mecânicas e grau de conversão dos cimentos resinosos...	23
3 – PROPOSIÇÃO.....	31
4- MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
4.1 Delineamento experimental.....	34
4.2 Seleção e preparo de amostras.....	34
4.3 Cimentação dos pinos de fibra de vidro.....	37
4.4 Ensaio mecânico de push-out.....	42
4.5 Ensaio dinâmico de microdureza e cálculo do módulo de elasticidade...	44
4.6 Análise estatística	47
5 – RESULTADOS.....	48
5.1 Ensaio mecânico de push-out.....	49
5.2 Valores de microdureza Vickers e módulo de elasticidade.....	53
6 – DISCUSSÃO.....	59
7 – CONCLUSÕES.....	64
8 – REFERÊNCIAS.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

mm – Unidade de comprimento (milímetro)

nm – Unidade de comprimento (nanômetro)

mm² – Unidade de área (milímetro quadrado)

mW/cm² – Unidade de densidade de energia (miliwatts por centímetro quadrado)

% - porcentagem

E – módulo de elasticidade

N – Unidade de força – carga aplicada (Newton)

mN – Unidade de força – carga aplicada (miliNewton)

KgF – Unidade de força (quilograma-força)

MPa - Força / área (MegaPascal)

GPa – Força / área (GigaPascal)

mm/min – Unidade de velocidade (milímetro por minuto)

s – Unidade de tempo (segundos)

° C – Unidade de temperatura (graus Celsius)

° - Unidade de angulação (grau)

mL – Unidade de volume (mililitro)

π – constante aritmética (3,14)

R – raio

r – raio

h – altura

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

R^2 – Coeficiente de regressão

RESUMO

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do protocolo de fotoativação nas propriedades mecânicas e resistência de união de cimentos resinosos convencionais e auto-adesivos de dupla ativação à dentina radicular. Foram selecionadas 156 raízes de dentes bovinos, com 15 mm de comprimento. Estas foram instrumentadas com limas tipo Kerr e brocas Gattes-Gliden e preparadas com comprimento de 10 mm para receber pino de fibra de vidro Exacto nº 3 (Angelus). Pinos de fibra de vidro foram cimentados com os cimentos resinosos: RelyX U100 (3M-ESPE), BisCem (Bisco), Panavia F (Kuraray) e RelyX ARC (3M-ESPE) fotoativados por um dos três protocolos de polimerização: Imediatamente após sua inserção (P0), 3 minutos (P3) e 5 minutos (P5) após a inserção. As raízes foram então armazenadas a 37°C por 24 horas. Após esse período, foram obtidas a resistência de união por meio do teste de micropush-out, microdureza Vickers (VHN) e módulo de elasticidade (E). Em cada grupo, 10 raízes foram usadas para o teste de micropush-out, sendo obtidas 6 fatias; 2 para cada região da raiz: cervical, média e apical. Para o ensaio de VHN, 3 raízes por grupo foram seccionados longitudinalmente e levadas ao indentador para determinação de VHN e o E com um carregamento progressivo de 0 a 0,5 mNem 20 segundos. As medidas de VHN e E foram determinadas na linha de cimentação no intervalo de 0,5 a 8,5 mm. Os dados de resistência de união, VHN e E foram analisados pelo teste de Anova two-way com parcela subdividida associada a teste de Tukey e regressão linear múltipla. Os cimentos resinosos RelyX U100 e BisCem apresentaram maior resistência de união quando comparados aos cimentos resinosos RelyX ARC e Panavia F. O protocolo P5 resultou em maiores valores de resistência de união para todos os cimentos testados. A resistência de união reduziu significativamente da região cervical para apical para todos os cimentos resinosos. A regressão linear múltipla determinou que a resistência de união está associada ao protocolo de fotoativação ($p < 0,001$) e região radicular ($p < 0,001$) para todos os cimentos com R^2 variando entre 0,594 e 0,643. Os valores médios de E e VHN aumentaram gradativamente com P3 e P5 para os cimentos resinosos RelyX U100 e BisCem e reduziram do terço

cervical para apical para todos os cimentos resinosos testados. Para VHN e E a regressão linear múltipla apontou uma relação direta com o protocolo de fotoativação ($p < 0,001$) e uma relação indireta com a profundidade para os cimentos testados ($p < 0,001$) com altos coeficientes de determinação (R^2 entre 0,721 a 0,908), no entanto o fator protocolo foi mais determinante para cimentos resinosos autoadesivos. Pode-se concluir que P5 melhorou a resistência de união para todos os cimentos, no entanto as propriedades mecânicas foram melhoradas somente nos cimentos resinosos RelyX U100 e BisCem. A região do canal radicular é fator crítico para a resistência de união e propriedades mecânicas de cimentos resinosos de dupla ativação usando qualquer protocolo de fotoativação.

Palavras chave: Cimento resinoso; Polimerização; Pino de fibra de vidro; Resistência de união; Módulo de elasticidade; Dureza Vickers; Dentina radicular.

ABSTRACT

ABSTRACT

The aim of this study was to test the hypothesis that photo-activation protocol and resin cement affect the mechanical properties and bond strength of fiber glass posts to root dentin at different depths. Hundred fifty six bovine teeth were selected, sectioned to 15 mm long and instrumented with Kerr files and drills Gattes-Gliden. After endodontic instrumentation roots were prepared with a length of 10 mm to receive fiberglass post Exact no. 3(Angelus). RelyXU100 (3M-ESPE), BisCem (Bisco), Panavia F 2.0 (Kuraray) and RelyX ARC (3M-ESPE) resin cements were used to cement fiber glass posts in association with one of the three photo-activation protocols: light-curing immediate, 3 minutes and 5 minutes after to cement Exacto Fiber Post (Angelus). The root canal were stored at 37 ° C for 24 hours, after that time were carried tests push- out and hardness test In each group 10 posted root were used for push-out test obtaining 2 slices for each region for each root region cervical, middle and apical. For indentation test, the other 3 roots per group were sectioned longitudinally through the post included in cold resin inlay and polished. This samples were used by determinate modulus of elasticity (E) and Vicker's (VHN) hardness with load progressive of 0 to 500 mN in 20 seconds. E and VHN were determinate of the cement layer were assessed for each root depth. Resin cements RelyXU100 and BisCem showed significantly higher bond strengths than RelyX ARC and Panavia F. The delayed photo-activation protocol increased bond strengths for all resin cements evaluated. Bond strengths decreased significantly from coronal to apical root canal regions. Multiple linear regression determined that the bond streng this associated with the protocol photo activation ($p < 0.001$) and root region ($p < 0.001$) for all cements with R^2 ranging between 0.594 and 0.643. The mean values for E and VHN increased significantly with the delayed photo-activation protocol for resin cements RelyX U100 and BisCem and decreased from coronal to apical root thirds for all resin cements. For the E and VHN, the multiple linear regression showed a direct relationship with the protocol of photo activation ($p < 0.001$) and an indirect relationship with the depth to the cements tested ($p < 0.001$) with high coefficients of determination (R^2 from 0.721 to 0.908),

but the time factor was more important for self-adhesive resin cements. The delayed photo-activation protocol increased the bond strength and mechanical properties of self-adhesive resin cements used to lute fiber posts. The root canal region is a critical factor for the bond strength and mechanical properties of dual-cure resin cements photo-activated using different protocols.

Keywords: Resin cements; Polymerization; Fiber glass post; Bond strength; Elastic modulus; Hardness; Root dentin.

INTRODUÇÃO

1 – INTRODUÇÃO

O uso de pinos de fibra de vidro para a retenção de restaurações diretas e indiretas é amplamente difundido (Ferrari et al., 2000; Goracci et al., 2005; Ferrari et al., 2007a) embasado em diversos estudos laboratoriais (Bolhuis et al., 2004; Santos-Filho et al., 2008; Soares et al., 2008b) e clínicos (Ferrari et al., 2000; Ferrari et al., 2007a; Ferrari et al., 2007b; Signore et al., 2009). Pinos de fibra apresentam vantagens em relação aos núcleos moldados e fundidos, especialmente com relação a possibilidade de união a dentina por meio de cimentos resinosos (Prisco et al., 2003). Além disso, possuem módulo de elasticidade semelhante à dentina, o que resulta em melhor distribuição de tensões, reduzindo o risco de fraturas radiculares irreparáveis (Le Bell et al., 2004; Santos-Filho et al., 2008; Soares et al., 2008a).

Embora o uso clínico de pinos de fibra está atualmente suportado por várias avaliações longitudinais com altas taxas de sucesso, no entanto estes pinos são passíveis de falha, sendo a maioria relacionadas a perda de retenção (Ferrari et al., 2000; Ferrari et al., 2007a; Ferrari et al., 2007b; Signore et al., 2009). O descolamento desses pinos da dentina radicular pode ocorrer devido a falhas na interface cimento-dentina e/ou na interface cimento-retentor (Radovic et al., 2009). Vários estudos investigaram como melhorar essas interfaces e consequentemente o desempenho clínico de dentes tratados endodonticamente restaurados com pinos de fibras (D'Arcangelo et al., 2007; Menezes et al., 2008; Giachetti et al., 2009; Demiryurek et al., 2011; Leitune et al., 2011; Shafiei & Memarpour, 2011).

Atualmente, para a fixação de pinos de fibra podem ser utilizados cimentos resinosos de ativação química ou dupla. Cimentos resinosos de dupla ativação podem ser convencionais ou auto-adesivos. Tais cimentos foram investigados em vários estudos clínicos (Ferrari et al., 2000; Ferrari et al., 2007a; Ferrari et al., 2007b; Signore et al., 2009) e parecem ser promissores.

Por apresentarem presa química, espera-se que estes cimentos possam alcançar adequada polimerização, principalmente em áreas que não podem ser total ou parcialmente atingidas pela luz. No entanto, mesmo na ausência ou presença de luz alguns cimentos resinosos de dupla presa podem não chegar a adequada polimerização(Prisco et al., 2003; Radovic et al., 2009; Vrochari et al., 2009; Ho et al., 2011; Pereira et al., 2011).Apesar do grau de conversão de cimentos resinosos convencionais ser melhorado após a fotoativação (Kim et al., 2009; Radovic et al., 2009; Vrochari et al., 2009; Ho et al., 2011; Pereira et al., 2011),o tempo decorrido entre a manipulação e fotoativação parece não influenciar neste quesito para os cimentos resinosos convencionais(Moraes et al., 2009; Faria-e-Silva et al., 2011; Pereira et al., 2011), Logo, cimentos autoadesivos possuem monômeros ácidos em sua composição, os quais parecem interagir quimicamente com a amina iniciadora, contribuindo negativamente para o grau de conversão, principalmente quando associados com a atenuação de luz (VROCHARI et al., 2009). Adequada polimerização é fator crucial para maximizar as propriedades físicas e mecânicas, e conseqüentemente, melhor comportamento clínico desses materiais(Vrochari et al., 2009).

Diferentes protocolos e substâncias químicas tem sido testadas para otimizar a união entre o cimento e retentor intrarradicular ; utilização de silano(Goracci et al., 2005), condicionamento com peróxido de hidrogênio (de Sousa Menezes et al., 2011) ou uso de pinos de fibra translúcidos que conseguem melhorar a propagação da luz nas regiões mais profundas do canal radicular (Radovic et al., 2009). No entanto, a interface cimento-dentina parece ser mais importante para a retenção de pinos de fibra no canal radicular (Perdigao et al., 2006). A união desta interface pode ser influenciada pelo cimento endodôntico (Menezes et al., 2008; Vano et al., 2008; Cecchin et al., 2011; Demiryurek et al., 2011), tempo entre a obturação do canal radicular e a cimentação do pino de fibra(Menezes et al., 2008; Vano et al., 2008), tratamento de superfície da dentina radicular (Zhang et al., 2008; Demiryurek et al., 2009; Mazzitelli et al., 2011; Pisani-Proenca et al., 2011), a região do canal radicular, o uso de ativadores para cimentos resinosos convencionais(Malyk et

al., 2011), e melhora nas propriedades e grau de conversão dos cimentos resinosos (Ceballos et al., 2007; Kim et al., 2009; Pedreira et al., 2009; Radovic et al., 2009; Vrochari et al., 2009; Ho et al., 2011; Pereira et al., 2011).

Diferentes formas de fotoativação têm sido recomendadas pelos fabricantes para a cimentação de retentores intrarradiculares, considerando-se diferentes tempos de espera após a manipulação e inserção do cimento resinoso (Vrochari et al., 2009). A hipótese gerada neste estudo é de que o protocolo de fotoativação possa influenciar nas propriedades mecânicas do cimento resinoso, bem como na sua interação com pino de fibra de vidro e dentina radicular. Dessa forma, parece oportuno investigar a microdureza, módulo de elasticidade e resistência de união entre o pino e a dentina radicular, após a utilização de diferentes protocolos de fotoativação para cimentos resinosos convencionais e autoadesivos.

REVISÃO DE LITERATURA

2 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Desempenho clínico e laboratorial de pinos de fibra de vidro

Diversos estudos avaliaram o desempenho clínico de pinos de fibra de vidro.

Ferrari et. al (2000) avaliaram a performance clínica de pinos de fibra de vidro com acompanhamento de 1 a 6 anos. Foram avaliados 1304 dentes com cimentação de pinos C-Post (fibra de carbono), Aesthetic Post e Aesthetic Plus Post (ambos pinos de fibra de vidro) em pacientes com idade entre 20 e 84 anos. Para todos os casos permaneceu um remanescente obturador apical de 4 mm e os pinos de fibra foram cimentados com pelo o menos 8 mm de comprimento com os cimentos resinosos C & B ou Rely X ARC associados aos sistemas adesivos recomendados pelos respectivos fabricantes. Os dentes foram restaurados com coroas metalocerâmicas (52%), coroas cerâmicas (38%) ou resina composta direta (10%) e avaliados clinicamente e radiograficamente a cada 6 meses. Dos 1304 dentes restaurados com pino de fibra apenas 41 (3,2%) falharam, sendo as falhas ocasionadas por deslocamento do pino no momento da remoção das restaurações provisórias (n = 25) ou presença de lesões periapicais (n = 16). Quando comparados os sistemas resinosos não houve diferença estatística entre os mesmos, o que demonstra que a associação de pinos de fibra de vidro com cimentos resinosos podem ser usados clinicamente com uma excelente desempenho.

Em 2007, Ferrari et. al fez uma nova avaliação dos pacientes descritos no ano de 2000. No entanto neste estudo ele descreve a taxa de sucesso de pinos de fibra após um período de 7 a 11 anos. Foram avaliados na oportunidade 985 pinos de fibra de vidro, sendo 615 Composites, 160 AEsthetic e 210 Aesthetic Plus Post cimentados em dentes tratados endodonticamente com remanescente obturador de pelo o menos 4 mm e pinos de fibra cimentados com pelo o menos 8 mm de comprimento. Como no estudo anterior, os dentes foram restaurados com coroas metalocerâmicas, coroas cerâmicas ou resina composta direta. Um total de 79 (8,02%) falhas foram

observadas, sendo 39 (3,96%) ocasionadas por lesões periapicais, 21 (2,13%) por deslocamento do pino de fibra, 17 (1,73%) por deslocamento da coroa, uma fratura de pino e uma fratura radicular. Mais uma vez ficou provado que os pinos de fibra de vidro são uma opção viável, com altas taxas de sucesso à longo prazo.

Ferrari et. al (2007b) avaliaram, por meio de estudo prospectivo de 2 anos, o sucesso clínico de pré-molares com diferentes perdas estruturais restaurados com coroa metalocerâmica associada ou não a cimentação de pino de fibra. Foram restaurados consecutivamente 210 pacientes que procuraram uma clínica privada para tratamento restaurador de pré-molares com tratamento endodôntico, sendo que cada paciente não recebeu mais que 2 tipos de tratamento totalizando 240 pré-molares (128 superiores e 112 inferiores). Foram selecionados somente dentes em função oclusal, com a presença dos 2 dentes adjacentes e no mínimo 4 mm de remanescente de obturação apical. Todos os procedimentos foram realizados por um único operador, sendo os dentes divididos em 6 grupos de 20 dentes cada: presença de todas as paredes coronais, presença de 3 paredes coronais, 2 paredes coronais, somente 1 parede coronal, presença de férula e ausência de férula. Para cada condição de estrutura dental remanescente foram cimentados pinos de fibra de vidro (n=10) ou foi confeccionado apenas o núcleo de preenchimento em resina (n=10). Foram usados pinos de fibra de vidro DT Ligth Post com cimento resinoso CalibraCom na profundidade de 8 mm. Em todos os dentes foram confeccionados núcleos de preenchimento em resina composta e coroa metalocerâmica. Foram realizadas avaliações clínicas e radiográficas com 1, 6, 12 e 24 meses. Todos os pacientes retornaram para avaliação de 24 meses, sendo constatada taxa de sucesso geral de 81,3%, no entanto pré-molares restaurados com pinos de fibra de vidro apresentaram 92,5% de sucesso comparado a 81,3% para dentes que não receberam pino de fibra de vidro. Para os dentes restaurados com pino de fibra de vidro as nove falhas (7,5%) foram relacionadas com o deslocamento do pino em todas as situações sem fratura radicular. Para os dentes restaurados sem pinos de fibra de vidro as 36 falhas (30%) foram relacionadas a deslocamento da coroa

em 25 situações (20,8%) e 11 fraturas radiculares (9,2%). A taxa de sucesso dos pré-molares foi maior para restauração de pré-molares quando havia presença de apenas duas ou uma parede, na presença de férula ou ausência da mesma, sendo que nestas situações os dentes tratados com a associação a pino de fibra de vidro tiveram uma taxa de sucesso de 0%, 5%, 20% e 20% respectivamente, comparado a 15%, 17,5%, 35% e 40% para dentes que não receberam pino de fibra de vidro. Análise de regressão linear mostrou que dentes restaurados sem pino de fibra de vidro eram mais propensos a falha (RR = 4,9; IC 95% para HR = 2,4 a 10,3; $p < 0,001$), demonstrando que a utilização de pino de fibra de vidro é importante para aumentar a taxa de sucesso de pré-molares tratados endodonticamente e que a utilização desses reduz principalmente as fraturas radiculares.

Signore et. AL (2009) avaliaram a efetividade clínica de pinos de fibra de vidro paralelos e cônicos associados a material de núcleo de preenchimento específico de cada sistema, no reestabelecimento de dentes anteriores com coroa metalocerâmica. Foram avaliados 200 pacientes tratados entre o período de 2000 a 2008 que receberam tratamento endodôntico e restaurações em coroa metalocerâmica em dentes anteriores superiores associadas a pino de fibra de vidro. A população de estudo inicial constou então de 200 pacientes divididos em 4 grupos: pino de fibra paralelo associado a resina composta de presa dupla, pino paralelo associado a resina composta com presa fotopolimerizável, pino cônico associado a resina composta de presa dupla e pino cônico associado a resina composta de presa fotopolimerizável. Para todos os grupos a restauração final foi realizada com coroa metalocerâmicas. Em todas as situações foi mantido um remanescente obturador apical de no mínimo 4 ou 5 mm e cimentados pinos de fibra com 8 a 9 mm usando sistema adesivo All Bond 2 associado ao cimento resino LuxaCore-Dual fotoativados com luz halógena com potência de 800 mW/cm². Os núcleos de preenchimento foram realizados usando o sistema adesivo All Bond 2 associado a resina composta fotopolimerizável (EcusitComposite) para dentes com uma ou duas paredes dentinárias remanescente ou com resina composta de presa dupla para dentes com 3 ou 4 paredes remanescentes. Os

dentes foram então preparados com remanescente de um ou dois mm de férula para a cimentação adesiva de coroa metalocerâmica. Todos os pacientes foram avaliados por 2 examinadores independentes, sendo considerados sucessos os tratamentos com ausência de: fratura radicular, fratura de pino, deslocamento do pino e falha do material de preenchimento. Os 200 pacientes receberam um total de 538 pinos de fibra de vidro, no entanto foram avaliados 192 pacientes com um total de 526 dentes superiores anteriores tratados com pino de fibra de vidro. Foram observadas 7 falhas (1,33%), sendo 5 (0,95%) por deslocamento do pino de fibra de vidro, uma falha por fratura do pino de fibra após trauma (0,19%) e uma falha do material restaurador (0,19%). Não foram observadas fraturas radiculares e todos os dentes que falharam foram restaurados novamente com o mesmo protocolo definido no estudo. A análise de sobrevivência de Kaplan-Mayer indicou que com 8 anos de avaliação é esperado uma taxa de sucesso geral de 98,48% para dentes anteriores tratados com pino de fibra de vidro e coroa metalocerâmica, quando avaliado o formato do pino de fibra, os pinos de fibra de vidro paralelo tiveram 98,6% de sobrevida, já os cônicos chegaram a 96,8%, no entanto essa diferença não foi estatisticamente significativa. Em relação ao material de preenchimento, dentes restaurados com resina composta de presa dual apresentaram 100% de sobrevida após 8 anos, já dentes restaurados com resina composta de presa fotopolimerizável esse valor caiu para 96,8%, no entanto essa diferença não foi estatisticamente significativa. Pode-se determinar por este estudo que o tratamento de dentes anteriores com necessidade de retentor intrarradicular, a associação de pino de fibra de vidro e coroa metalocerâmica é um tratamento viável e com grande taxa de sucesso num período de 8 anos.

Santos-Filho et. al (2008) avaliaram *in vitro* a deformação radicular e resistência a fratura de raízes bovinas restauradas com diferentes sistemas de retentor intrarradicular cimentados com diferentes comprimentos. Foram selecionados 134 raízes bovinas com 15 mm de comprimento, sendo estas raízes instrumentadas, obturadas e divididas em 3 grupos (n=45) de acordo com o sistema de retentor intrarradicular utilizado: pino de fibra de vidro Reforpost, pino de aço pré-fabricado Reforpost Aço Inox e núcleo moldado e

fundido em liba a base de níquel-cromo. Todos os canais foram preparados com um broca de largo nº 5 em 3 diferentes comprimentos para cada sistema de retentor intrarradicular: 10 mm, 7,5 mm e 5 mm. Em todas as raízes foi simulado o espaço do ligamento periodontal com poliéter. A confecção do núcleo moldado e fundido foi realizada pela técnica direta com resina acrílica acompanhada de matriz de policarbonato para padronização da porção coronária. Para a cimentação seguiu-se o mesmo protocolo para todos os retentores intrarradiculares que foi condicionamento ácido da dentina, aplicação de primer e adesivo, limpeza dos retentores com álcool 70% e aplicação de silano e cimentação com cimento resinoso quimicamente ativado (Cement Post). Para as raízes onde foram cimentados pinos pré-fabricados, o núcleo de preenchimento foi realizado com resina composta usando matriz de acetato obtida por moldes da porção coronária dos núcleos moldados e fundidos. Tendo os retentores intrarradiculares cimentados nas raízes, esse conjunto foi preparado, moldado e confeccionado coroa metálicas, que foram cimentadas pelo mesmo protocolo dos pinos de fibra de vidro. Cinco amostras de cada grupo foram utilizadas em ensaio de extensometria para determinar a deformação proximal e vestibular utilizado carregamento compressivo de 0 a 100 N. Após o ensaio de extensometria, as amostras retornaram para seus respectivos grupos e foram submetidas a teste de resistência a fratura seguido de determinação do padrão de falha. Como resultado observou-se que as raízes restauradas com pino de fibra de vidro tiveram resistência a fratura similar para as profundidades de 10,0 mm, 7,5 mm e 5,0 mm, já o núcleo moldado e fundido e pino pré-fabricado de aço apresentaram uma redução nos valores de resistência de união a medida que o comprimento do retentor reduzia. Os pinos de fibra de vidro apresentaram somente falhas coronárias, já os núcleos moldados e fundidos e pinos pré-fabricados de aço apresentaram em sua maioria falhas radiculares. Para os valores de deformação, observaram-se que os pinos pré-fabricados apresentaram valores similares nos diferentes comprimentos, tanto na vestibular quanto na proximal, já os núcleos moldados e fundidos e pinos pré-fabricados de aço apresentaram um aumento nos valores de deformação quando havia uma redução do tamanho do retentor.

Diante disso, os autores concluíram que os pinos de fibra de vidro apresentam comportamento similar mesmo com redução de seu comprimento, não apresentando fraturas radiculares, diferentemente de núcleos moldados e fundidos e pinos pré-fabricados de aço.

2.2. Fatores que influenciam a união de pinos de fibra de vidro a dentina radicular

Como determinado anteriormente nos estudos clínicos as principais falhas dos pinos de fibra de vidro ocorrem por deslocamento do interior do canal radicular. Diante deste panorama, diversos estudos buscaram maximizar a resistência de união dos pinos de fibra ao canal radicular.

Perdigão, Gomes e Lee (2006) avaliaram o efeito do silano na resistência de união de três pinos de fibra. Para o estudo foram selecionados 54 dentes unirradiculares que tiveram sua coroa removida 2 mm abaixo da junção amelo-cementária, os canais instrumentados e obturados. Espaço para pino foi realizada com uma profundidade de 8 mm e após o preparo o canal foi limpo com solução salina, seco com pontas de papel absorvente. Para cimentação os pinos DT Light Post, FRC Postec e ParaPost foi usado o cimento resinoso determinado pelo fabricante e os grupos de pinos de fibra foram divididos em dois subgrupos: silanizados e não silanizados. Concluídos o processo de cimentação, os pinos foram armazenados em água destilada a 37°C por uma semana. Após uma semana as amostras foram cortadas e submetidas ao ensaio de push-out. Os resultados revelaram que a utilização do silano não aumentou a resistência de união dos sistemas de pino de fibra ao canal radicular e que entre os sistemas de pino de fibra também não houve diferença. No entanto, a região apical foi a mais crítica para a retenção dos pinos de fibra de vidro ao canal radicular.

Menezes et. al (2007) avaliaram se a composição de cimentos endodônticos e tempo decorrido entre obturação e fixação do pino de fibra de vidro influencia na adesão de cimento resinoso de presa dual a dentina radicular canal. Para o desenvolvimento do estudo foram selecionadas

sessenta raízes de incisivos bovinos as quais foram instrumentadas e divididas em cinco grupos: sem obturação, obturação com cimento a base de hidróxido de cálcio ou óxido de zinco e eugenol com e fixação imediata de pino de fibra de vidro e fixação de pino de fibra de vidro após 7 dias. Os pinos de fibra de vidro Reforpost foram cimentados usando cimento resinoso RelyX ARC associado a sistema adesivo Adper Scotchbond Multi Purpose, sendo o sistema adesivo fotoativado por 20 segundos e o cimento resinoso por 40 segundos após 3 minutos da inserção do cimento, pino e remoção de excessos. Para cada grupo dez raízes foram seccionadas transversalmente em seis fatias de 1 mm de espessura para ensaio de push-out nos terços cervical, médio e apical da raiz. Os resultados demonstraram que a resistência de união para o cimento obturador a base de hidróxido de cálcio foi igual estatisticamente ao grupo controle tanto na fixação imediata, quanto na fixação de pinos de fibra de vidro após 7 dias. Para o cimento obturador a base de óxido de zinco e eugenol houve uma redução significativa na resistência de união de pinos de fibra de vidro fixados imediatamente em relação ao grupo controle, já para a fixação de pinos após 7 dias somente o terço apical apresentou menores valores que o grupo controle.

Cecchin et. al (2011) avaliaram os efeitos de quatro cimentos obturadores na resistência de união de pino de fibra de vidro a dentina radicular usando cimento resinoso auto-adesivo. Foram utilizadas 50 raízes de caninos com comprimento de 13 mm. As raízes foram instrumentadas e divididas de cinco grupos (n=10) de acordo com cimento obturador usado para obturação do canal radicular: apenas gutta-percha (controle), cimento AH Plus, cimento Epiphany, cimento Sealer 26 e cimento Endomethasone. Todas as raízes foram preparadas com broca Largo nº 3 e receberam pino de fibra de vidro cimentados com cimento resinoso Rely X U100. As raízes foram mantidas por 24 horas em ambiente com 100% de humidade a 27° C, após esse período as raízes foram seccionadas em 6 fatias de 1 mm de espessura para teste de push-out. Os autores observaram que somente o cimento Endomethasone influenciou na resistência de união de pinos de fibra de vidro, concluindo que somente os cimentos à base de hidróxido de cálcio e à base de resina não

influenciam na resistência de união de pinos de fibra de vidro cimentados com cimento resino auto-adesivo.

Demiryürek et. al (2009) avaliaram o efeito de diferentes tratamentos de superfície na resistência de união de pinos de fibra de vidro a dentina radicular. Para o estudo foram selecionados 60 incisivos superiores humanos que tiveram sua coroa removida na região da junção amelo-cementária e os canais foram então instrumentados e obturados. As amostras foram mantidas em 100% de umidade a 37°C por 1 semana, após esse período os canais foram preparados com 9 mm de profundidade para receber pino de fibra de vidro DT Light-Post. O espaço para pino foi tratado com cinco protocolos diferentes: 10 mL de NaOCl 5% por 15 segundos (controle), solução Sikko Tim por 15 segundos acompanhado de 10 mL de NaOCl por 15 segundos, EDTA 17% por 60 segundos acompanhado de 10 mL de NaOCl por 15 segundos, ácido ortofosfórico 37% por 15 segundos acompanhado de 10 mL de NaOCl por 15 segundos e ácido cítrico a 10% por 10 segundos acompanhado de 10 mL de NaOCl por 15 segundos. Com os tratamentos de superfície realizados os pinos de fibra foram então cimentados com o cimento resinoso Panavia F 2.0 seguido de fotoativação por 20 segundos. As amostras foram mantidas em 100% de umidade a 37°C por 24 horas, após esse período foram obtidas 3 secções de 0,6 mm de espessura para a realização do teste de push-out. Algumas amostras foram selecionadas aleatoriamente para averiguação da superfície dentinária por meio de MEV. Os resultados do teste de micropush out indicaram que os maiores valores de resistência de união foram observados no grupo onde a superfície dentinária foi tratada com solução Sikko Tim (16,52 MPa), seguido por ácido ortofosfórico a 37% (12,27 MPa) e ácido cítrico a 10% (12,16 MPa), sendo que os menores valores foram observados nos grupos tratados com EDTA 17% (4,12%) e NaOCl (3,92 MPa). As imagens de MEV mostram que no grupo controle continha smear layer e restos de cimento obturador, para a solução de Sikko Tim foi observado uma camada de smear layer suave, já as soluções de EDTA 17% apresentou total remoção da smear layer com erosão da entrada dos túbulos dentinários. Ácido fosfórico a

37% e ácido cítrico a 10% apresentaram uma remoção adequada da camada de smear layer.

Mazzitelli et. al (2010) avaliaram a resistência de união de 3 cimentos resinosos autoadesivos a dentina, bem como característica de superfície dentinária em relação a diferentes tratamentos de superfície. Foram selecionados 45 pré-molares humanos, que tiveram sua coroa removida. Após o preparo para pino os 45 dentes tiveram o espaço para pino tratado com EDTA por 60 segundos seguido de lavagem com água deionizada por 30 segundos (n=15), ácido poliacrílico 10% por 30 segundos e lavagem com água deionizada por 30 segundos (n=15) e ausência de tratamento. Esses grupos iniciais foram divididos em 3 subgrupos (n=5) de acordo com os cimentos resinosos utilizados: Rely X Unicem, BisCem e G-Cem. Após inserção dos pinos foi esperado tempo de 5 minutos para cura química e fotoativação por 20 segundos. Após 1 mês de armazenamento em ambiente com 37°C e 100% de umidade relativa as raízes foram cortadas em fatias de 1 mm de espessura e levadas para o ensaio microtração. Os cimentos resinosos Rely X Unicem e BisCem não tiveram seus valores de resistência de união aumentados pelos tratamentos de superfície, já o cimento G-Cem apresentou uma maior resistência de união com o tratamento com ácido poliacrílico.

2.3. Propriedades mecânicas e grau de conversão de cimentos resinosos

Buscando avaliar uma possível relação entre dureza e grau de conversão Ferracane (1985) avaliou essas duas variáveis em três resinas comerciais. O grau de conversão foi avaliado nos tempos de 5, 10, 20, 30, 60 e 120 minutos, 6 horas e 24 horas em amostras com 20-40 µm de espessura por meio de um espectrofotômetro de Fourier. Os valores de dureza foram avaliados em espécimes de 6 x 3 mm nos tempos de 5, 10, 20, 30, 60 e 120 minutos, 6 horas e 24 horas. Os valores de dureza e grau de conversão dos materiais progressivamente do tempo inicial para 24 horas. Quando os valores de dureza e grau de conversão são avaliados no mesmo material observou-se que houve uma relação direta entre eles ($r=0,937$ a $0,961$), no entanto esses valores não estão diretamente relacionados quando se avalia todos os

compósitos ($r=0,496$). Diante disso, comprovou-se que quando se avalia um mesmo material, aumento no grau de conversão está diretamente relacionado a aumento na dureza do material, no entanto estes resultados não podem ser extrapolados para comparação entre materiais.

Gonçalves, Kawano & Braga (2010) avaliaram a influência da fração inorgânica em tensões de polimerização e contração volumétrica, módulo de elasticidade e grau de conversão. Para o estudo foram desenvolvidas 8 formulações de resina composta contendo BisGMA e TEGDMA variando a concentração de carga entre 25-60% com incrementos de 5% nesses valores. As tensões de contração foram determinadas usando 5 amostras de cada resina raio de 3 mm e 13 mm de espessura inseridas em dispositivo de acrílico que foi levado a máquina de ensaio universal. A força de contração foi monitorada por 15 minutos sendo a tensão máxima nominal calculada dividindo-se a força de contração máxima pela área de contato da resina no dispositivo. A contração de polimerização foi determinada em picnômetro de água. O módulo de elasticidade foi obtido por teste de flexão de pontos usando 10 amostras por resina com tamanhos de 10 mm x 2 mm x 1 mm e o grau de conversão foi determinado em um espectrofotômetro FT-Raman. Observou-se que o aumento no conteúdo de carga inorgânica reduziu as tensões de polimerização e contração volumétrica, aumentou o módulo de elasticidade e quanto ao grau de conversão não houve alteração. Observou-se ainda que as tensões de polimerização são diretamente relacionadas com a contração volumétrica ($R^2 = 0,982$) e inversamente relacionadas com a concentração de carga ($R^2 = 0,966$) e módulo de elasticidade ($R^2 = 0,966$).

Ceballos et. al (2007), fizeram a caracterização mecânica de cimentos resinosos por meio de teste de dureza, avaliando presa química, foto e presa dupla. Para determinação das propriedades mecânica foram usadas amostras dos cimentos resinosos Multilink, Variolink II e Variolink II Base plus Catalyst com 14 mm de diâmetro por 1 de espessura. Para o cimento Multilink foi aguardada a presa química do mesmo, já os cimentos Variolink II e Variolink II Base plus Catalyst foram fotoativados por 30 segundos. Para simular a

situação clínica, foram selecionados dentes unirradiculares os quais tiveram sua coroa removida, tratamento endodôntico realizado e espaço para pino preparado deixando remanescente de obturação de 4 mm. Pinos FRC Postec foram limpos com álcool, silanizados e cimentados no canal radicular utilizando aleatoriamente os cimentos Multilink, Variolink II e Variolink II Base plus Catalyst de acordo com as orientações do fabricante. Os dentes com pinos cimentados foram então incluídos e seccionados no longo eixo. Tanto os discos de cimento resinoso quanto os dentes com pinos cimentados foram submetidos ao teste de dureza para determinação da dureza e módulo de elasticidade. Para as amostras em disco os valores de dureza e módulo de elasticidade do cimento de presa química, Multilink, foram inferiores aos apresentados pelos cimentos de presa foto e dupla presa, Multilink, Variolink II e Variolink II Base plus Catalyst. No entanto, na avaliação da linha de cimentação os valores de dureza e módulo de elasticidade para os três cimentos foram os altos, sendo que o cimento Multilink apresentou os maiores valores na região apical, o Variolink II apresentou os maiores valores na região cervical, já na região apical o cimento não polimerizou, impedindo a definição dos valores de dureza.

Pedreira et. al (2009) buscaram avaliar a microdureza de quatro cimentos resinosos de presa dupla usados na cimentação de pino. Para a realização do estudo foram selecionadas 40 raízes de incisivos bovinos com 15 mm de comprimento, as quais foram instrumentadas, obturadas e preparadas para receber pino de fibra de vidro Fibrekor com uma profundidade de 10 mm. Após preparo do canal, o espaço para pino foi limpo com água deionizada, secos com ponta de papel absorvente, sendo em seguida cimentados os pinos com os cimentos resinosos Panavia F, Variolink, Unicem e Duolink de acordo com as instruções dos respectivos fabricantes. As amostras foram mantidas em água a 37°C e testadas após 7 dias (n=5) e 30 dias (n=5). Para ensaio de dureza as raízes foram seccionadas ao meio, sendo as endentações realizadas de 1 a 10 mm em profundidade na linha de cimentação. As mesmas amostras testadas com o tempo de 7 dias foram mantidas por 24 horas em solução de álcool a 75% e testadas novamente. Também foram preparados 10 discos com

5 mm de diâmetro por 2 de espessura para cada cimento, sendo armazenadas e testadas como descrito anteriormente. Os valores de dureza para os cimentos foram maiores nas medidas obtidas em amostras de disco de cimento quando comparadas as obtidas diretamente no canal radicular. Em ambas as situações os valores de dureza foram maiores nas medidas de 7 dias quando comparados as imersas em álcool por 24 horas. Para a avaliação no canal radicular os valores de dureza obtidos com 7 dias foram similares aos de 3 meses com exceção do cimento Unicem que apresentou um aumento nos valores de dureza com 3 meses. No entanto, na avaliação de amostras em discos de cimento houve uma redução significativa nos valores de dureza para todos os cimentos com o tempo de 3 meses comparado a 7 dias. Em relação a comparação entre terços do canal radicular, pode-se observar que os cimentos apresentaram valores de dureza similares desde cervical a apical para todos os cimentos e situações.

Vrochari et. al (2009), avaliaram o grau de conversão de três cimentos resinosos auto-adesivos, um cimento resinoso convencional com sistema adesivo de dois passos autocondicionante e um cimento resinoso convencional com sistema adesivo convencional de três passos. Foram confeccionadas 12 amostras de cada material com dimensões de 1.8 x 4 x 4 mm, a temperatura ambiente de acordo com as instruções do fabricante. Seis das 12 amostras foram fotoativadas com luz halógena por 20 segundos e as outras seis amostras foram mantidas em ambiente com ausência de luz e umidade para avaliação da presa química. O grau de conversão foi então determinado em espectrofotômetro de Fourier. O grau de conversão para presa química foi de 10,82, 11,05, 14,32, 14,47 e 24,93 e de 41,36, 37,27, 26,40, 40,39 e 61,36 quando avaliado a presa dual dos cimentos BisCem, Rely X Unicem, Maxcem, Multilink Sprint e MultilinkAutomix, respectivamente. Com esse estudo os autores demonstraram que apesar dos cimentos serem duais, a fotoativação dos mesmos é de suma importância para um melhor grau de conversão.

Pereira et. al (2010), avaliaram o efeito de diferentes protocolos de fotoativação na mobilidade molecular e extensão de polimerização de cimentos resinosos de presa dual. Foram usados os cimentos Enforce, Duolink, Panavia F 2.0 e Variolink. Os cimentos foram manipulados e submetidos a 3 protocolos de fotoativação: ausência de fotoativação, fotoativação imediata e fotoativação após 5 minutos. A mobilidade molecular e extensão de polimerização foram então aferidas em espectrômetro (Bruker MSL 300P). Para ambos os cimentos não foi observada diferença na mobilidade molecular ou na extensão de polimerização entre os diferentes protocolos de fotoativação. Com isso os autores determinaram que a espera no tempo de polimerização não determina melhor extensão de polimerização ou mobilidade molecular dos cimentos testados.

Faria e Silva et. al (2011), avaliaram o efeito de três fotoativações no grau de conversão e tensão de polimerização dos cimentos resinosos Enforce, Rely X ARC e Panavia F. Para determinação do grau de conversão foram proporcionadas amostras de cada cimento misturando pasta base e catalisadora em proporções iguais em moldes de silicone com espessura de 0,8 mm e raio de 3,5 mm adaptadas sobre uma lâmina de vidro. Após a adaptação das pastas base e catalisadora foi adaptada nova lâmina de vidro sobre o molde seguido de fotoativação de acordo com cada sub-grupo: imediatamente após a manipulação do cimento, 5 minutos após a manipulação do cimento e ausência de fotoativação. A quantificação do grau de conversão foi realizado no espectrofotômetro de Fourier 5 e 30 minutos após os protocolos de fotoativação. A tensão de polimerização foi monitorada por 30 minutos em amostras com 1 mm de espessura inserido entre dois cilindros conectado a uma máquina universal de ensaios. Para a avaliação com 5 minutos, o grau de conversão dos cimentos resinosos foi maior para o protocolo de fotoativação imediata em todos os cimentos, no entanto quando avaliado após 30 minutos ao grau de conversão para o cimento Rely X ARC foi o mesmo entre presa química, foto ativação imediata e foto ativação após 5 minutos, para os cimentos resinosos Panavia F e Enforce o grau de conversão para foto ativação imediata e 5 minutos foi o mesmo, no entanto esses valores

foram maiores que o observado na presa puramente química. Apesar do grau de conversão não ter sido igual estatisticamente para o protocolo de foto ativação imediata e com 5 minutos, foi observado que o protocolo de 5 minutos apresentou os menores valores de tensão de polimerização.

Uma vez que a maioria dos cimentos resinosos utilizados para cimentação de pinos de fibra são de dupla presa, começaram a surgir os pinos de fibra de vidro translúcidos com o intuito de transmitir luz dentro do canal e assim melhorar a polimerização dos cimentos dentro do canal.

Morgan et. al (2008), avaliaram a capacidade de transmissão de luz em diferentes profundidades em retentores radiculares. Foram usados 10 pinos de fibra de diferentes fabricantes e translucidez. Estes pinos, por apresentarem comprimentos diferentes, tiveram seu comprimento padronizado em 16 mm. Um dispositivo com orifício central de 2 mm foi confeccionado em resina para padronizar o posicionamento dos pinos de fibra. O dispositivo sem pino de fibra foi determinado como controle. A intensidade luminosa transmitida pelos pinos de fibra foi medida nas profundidades de 16, 12, 8 e 4 mm pela média da intensidade de luminosidade transmitida após 2 e 60 segundos de ativação do aparelho fotopolimerizador.

Faria-e-Silva et. al (2007) avaliaram o grau de conversão de cimento resinoso de presa dupla associado a pinos de fibra de vidro com diferentes translucidez. Para determinar o grau de conversão foram criados moldes a base de polivinilsiloxano que simulavam um canal radicular preparado para receber pinos de fibra de vidro. Os pinos de fibra de vidro Aestheti Post e Light Post foram desgastados pela metade, então cimentadas resinoso Rely X ARC foi levado ao canal com espiral de lentulo, o pino inserido e o cimento fotativado por 40 segundos. O cimento resinoso foi removido do molde e levado ao espectrofotômetro FT-Raman para determinação do grau de conversão nos terços cervical, médio e apical. Quando o cimento resinoso foi cimentado com o pino de fibra Aesthetic Post houve uma redução significativa no grau de conversão para os terços médio e apical comparado ao terço cervical, já com o pino de fibra Light Post essa redução foi observada apenas no terço apical. Em

todos os terços avaliados o cimento resinoso quando cimentado com o pino de fibra Light-Post apresentou um maior grau de conversão, no entanto, houve diferença significativa apenas para o terço médio.

Radovic et. al (2009) investigaram se a transmissão de luz na extensão do pino de fibra de vidro influencia na continuidade das interfaces cimento resinoso – dentina radicular (C-D) e cimento resinoso – pino de fibra de vidro (C-P), bem como o módulo de elasticidade e dureza do cimento de presa dupla Calibra. Inicialmente foram realizadas medidas espectrofotométricas para determinar o nível de transmissão de luz nas regiões cervical, média, apical e ponta dos pinos Tech 21 X-OP e DT Ligth Post. Vinte pré-molares unirradiculares foram instrumentados e obturados. Logo após os dentes foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos para receber um dos dois pinos Tech 21 X-OP e DT Light Post cimentados com o cimento de dupla presa Calibra fotopolimerizados com luz halógena. As raízes foram seccionadas longitudinalmente, sendo uma metade utilizada para avaliação das interfaces C-D e C-P e a outra para determinação do módulo de elasticidade e dureza Vickers na linha de cimentação. Para o pino de fibra Tech 21 X-OP não foi observada transmissão de luz, já o pino de fibra DT Ligth Post apresentou transmissão de luz, sendo que está reduzida de cervical para apical e aumentava na ponta apical. Por apresentar transmissão de luz o pino de fibra DT Ligth Post obteve um maior percentual de interfaces C-D e C-P contínuas na região apical, sendo as mesmas homogêneas para todas as regiões, já o pino de fibra Tech 21 X-OP apresentou baixos valores de interfaces contínuas na região apical. Os valores de dureza e módulo de elasticidade foram significativamente menores para o pino de fibra TECH 21 X-OP, sendo que esses valores reduziram progressivamente de cervical para apical. Já o pino de fibra DT Light Post apresentou valores de dureza e módulo de elasticidade semelhantes entre os terços cervical e médio e uma pequena redução na região apical.

Kim et. al (2009), avaliaram o grau de conversão de cimento resinoso dual (Variolink II) associado a dois pinos de fibra translúcidos (DT

Light Post e FRC Postec Plus) e um pino de fibra opaco (Snowpost). A transmissão de luz dos pinos foi aferida com um espectrofotômetro de UV-Vis. Para a determinação do grau de conversão foram usados 50 pré-molares humanos, sendo estes cortados em um comprimento de 15 mm, instrumentados e obturados. Após 72 horas de armazenagem as raízes foram preparados intencionalmente com um mm adicional para o diâmetro convencional e com uma profundidade de 9 mm para receber um dos 3 pinos de fibra de vidro. Os pinos foram cimentados usando o cimento Variolink II com foto ativação por 40 segundos. Após 24 horas as raízes foram seccionadas longitudinalmente e o grau de conversão foi então aferido usando um espectrofotômetro de Fourier no centro da linha de cimentação com distância de 1 mm entre cada medida, no intervalo de 1 a 9 mm de profundidade. Para os três pinos de fibra o grau de conversão reduziu progressivamente de cervical para apical, no entanto essa redução foi mais acentuada para o pino Snowpost, sendo os valores de grau de conversão para Snowpost significativamente menor em relação aos pinos translúcidos. Foi observada uma relação direta entre a porcentagem de transmissão de luz e o grau de conversão ($R^2=0,9888$).

PROPOSIÇÃO

PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar se o tempo decorrido entre a manipulação e fotoativação do cimento resinoso influencia as propriedades mecânicas e resistência de união de cimentos resinosos de dupla presa, convencionais e autoadesivos. Variando:

Tipo de cimento em 4 níveis:

-Cimentos autoadesivos: 1- RelyX U100 (3M ESPE; St Paul, MN, USA); 2- BisCem (Bisco; Schaumburg, IL, USA);

Cimento convencional: 3- Panavia F (Kuraray; Okayama, Japan); 4- RelyX ARC (3M ESPE; St Paul, MN, USA)

Protocolo de cimentação em 3 níveis:

1- Fotoativação imediatamente após manipulação do cimento, inserção do mesmo associado ao pino no canal radicular e remoção do excesso.

2-Fotoativação após 3 minutos decorridos da manipulação do cimento, inserção do mesmo associado ao pino no canal radicular e remoção do excesso.

3-Fotoativação após 5 minutos decorridos da manipulação do cimento, inserção do mesmo associado ao pino no canal radicular e remoção do excesso.

Sub-parcela (região radicular) em 3 níveis:

a-Terço cervical

b-Terço médio

c-Terço apical

MATERIAIS E MÉTODOS

4 – MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Delineamento experimental:

Unidade experimental: Raízes de dentes bovinos, tratadas endodonticamente e restauradas com pino de fibra de vidro.

Fator em estudo: I – Cimento Resinoso: RelyX U100 (3M ESPE, EUA), BisCem (Bisco, EUA), Panavia F 2.0 (Kuraray; Japão) e RelyX ARC (3M ESPE, EUA).

II – Protocolo de fotoativação - tempo decorrido entre manipulação do cimento, inserção do mesmo associado ao pino no canal radicular e remoção do excesso: 1-: fotoativação imediata; 2-fotoativaçãoapós3 minutos e 3-fotoativação após 5 minutos..

Sub-parcela: terço cervical, médio e apical.

Variáveis respostas:

I – resistência adesiva; II – Resistência à penetração (Dureza Vickers); III – módulo de elasticidade.

Método de análise:

I – Ensaio de micropush-out; II – Ensaio dinâmico de microdureza Vickers.

4.2. Seleção e preparo de amostras

Foram selecionados 156 incisivos bovinos de animais adultos com tamanho e formato semelhantes, extraídos em frigorífico (Frigorífico Real; Uberlândia, Minas Gerais, Brasil), com avaliação sanitária pelo Ministério da Saúde e consentimento do Médico Veterinário responsável. Os dentes foram armazenados em água destilada, limpos com curetas periodontais, sendo realizada posteriormente a profilaxia com pedra pomes (Maquira, Maringá, PR, Brasil) e água. Após a limpeza, os dentes foram seccionados com o auxílio de disco diamantado de dupla face (KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil) com irrigação constante de água, de maneira que permaneceu remanescente radicular de 17 mm (Figura 1A). A polpa foi removida do canal radicular com limas Headstron (DentsplyMaillefer, Ballaigues, Suíça)sob irrigação com

hipoclorito de sódio a 1%. Posteriormente, em lixadeira (APL-2; Arotec, São Paulo, Brasil) montada com lixa de carbeto de silício 600 (Norton, Campinas, SP, Brazil) as raízes foram desgastadas, com irrigação abundante, até o comprimento de 15 mm (Figura 1B).

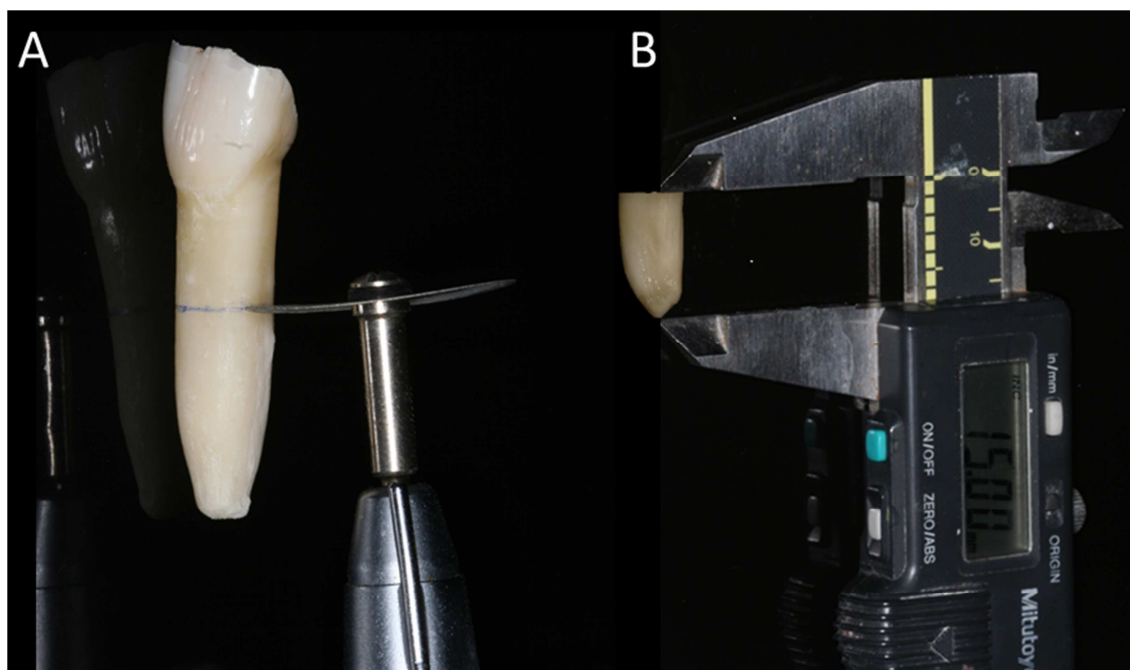


Figura 1. Preparo das amostras. A – Corte da raiz com disco diamantado de dupla face. B- Comprimentofinal da raiz,

As raízes foram instrumentadas 1 mm aquém do ápice radicular. O canal radicular foi explorado inicialmente com lima Kerr #15 (DentsplyMaillefer) (Figura 2A) para averiguação de patência do canal radicular, seguido por instrumentação dos terços cervical e médio com brocas Gates-Glidden (# 4 e 5; DentsplyMaillefer) (Figura 2B) e limas de aço inoxidável tipo Kerr #70 e #80 (DentsplyMaillefer) no terço apical (Figura 2C). A cada troca de instrumental o canal foi irrigado com 2 mL de hipoclorito de sódio 1,0%, ao final da instrumentação foi realizada irrigação final com 5 mL de hipoclorito de sódio 1,0% (Figura 2D) e 5 mL de solução fisiológica (Figura 2E).

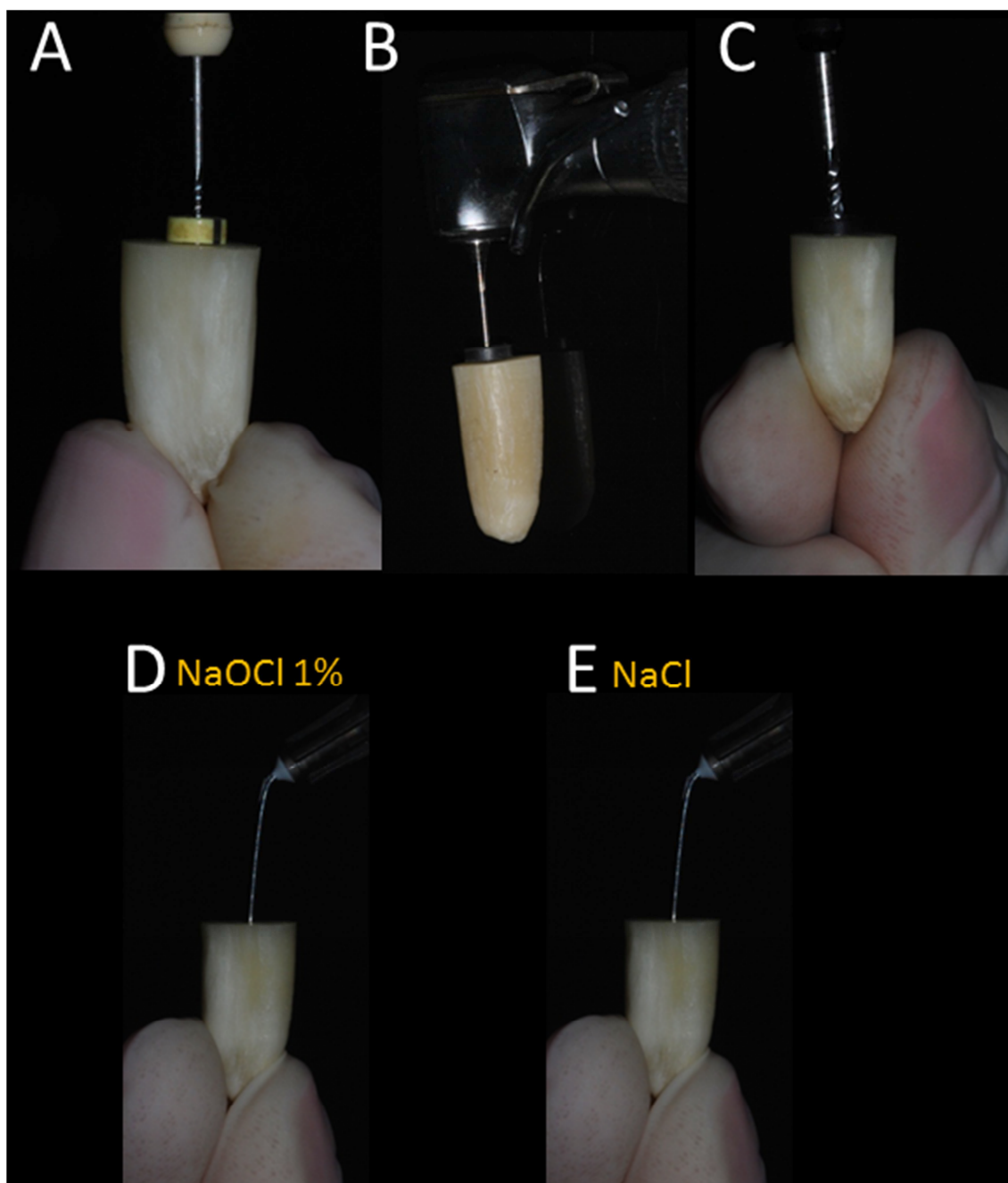


Figura 2. Instrumentação do canal radicular . A - exploração inicial, B – Instrumentação dos terços cervical e médio com brocas Gattes-Gliden , C – Instrumentação do terço apical com lima tipo Kerr #80, D – Irrigação com 5 mL de NaOCl 1%, E – Irrigação final com 5 mL de NaCl.

O preparo do espaço para inserção do pino de fibra de vidro foi realizado na profundidade de 10 mm, utilizando-se as brocas do kit de pinos (Exacto n ° 3; Angelus, Londrina, PR, Brasil) (Figura 3A). As broca foram substituídas após 5 preparações. Os canais radiculares preparados foram

irrigados com 5 mL de solução salina (Figura 3B) e com pontas de papel absorvente fez-se o controle de umidade (Figura 3C).

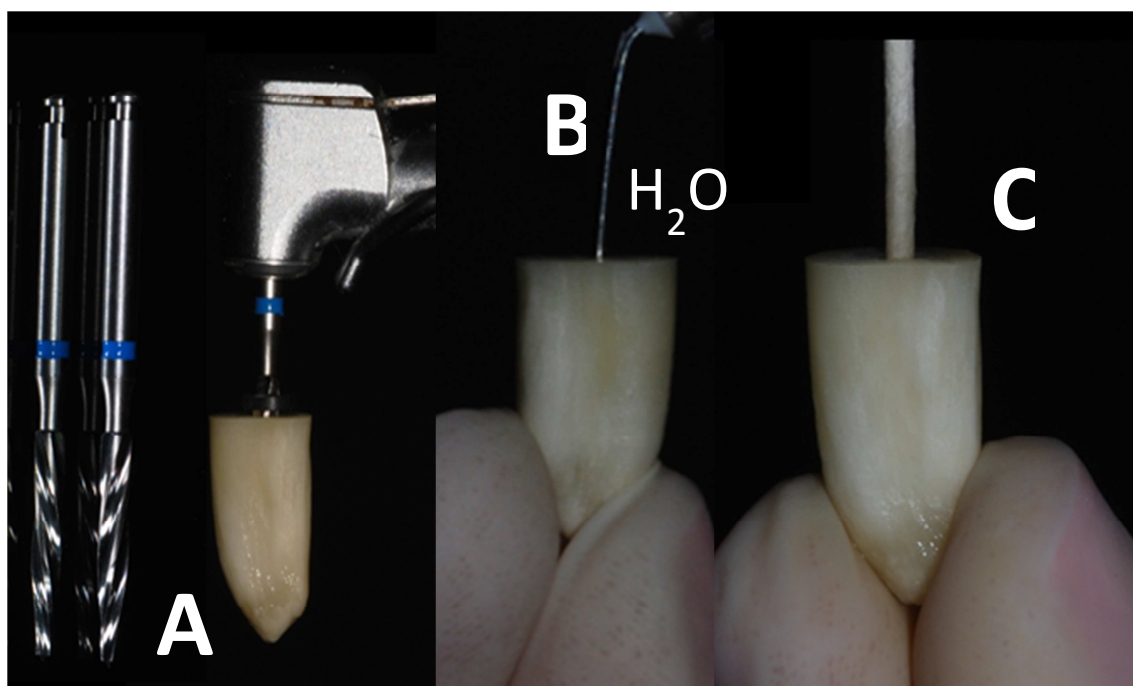


Figura 3. Preparo de espaço para pino de fibra de vidro. A – Preparo do canal com broca do sistema de pino Exacto nº3, B – Irrigação final do canal com 5 mL de H₂O e C – Controle de umidade com ponta de papel absorvente.

4.3. Cimentação dos pinos de fibra de vidro

Os pinos de fibra de vidro (Exacto n ° 3; Angelus, Londrina, PR, Brasil) foram cimentados com 4 cimentos resinosos (Quadro 1) de dupla presa(n = 39), 30 amostras foram usadas para o ensaio de micro-push out e 9 para a microdureza Vickers (VHN): Rely X U100 (3M ESPE, EUA) (Figura 4A), BisCem (Bisco, EUA) (Figura 4B), Panavia F 2.0 (Kuraray, Japão) (Figura 4C) e RelyX ARC (3M ESPE, EUA) (Figura 4D) .

Quadro1. Cimentos resinosos, número de lote e principais componentes.

Cimento Resinoso	Principais componentes
RelyX U100 Lote nº.: 421172	Pó: Partícula de vidro, sílica, hidróxido de cálcio, iniciadores para autopolimerização, pigmentos e iniciadores para fotopolimerização Líquido: ésteres fosfóricos metacrilatados, dimetacrilatos, acetato, estabilizadores e iniciadores para autopolimerização (conteúdo de carga $\cong$ 72%)
BisCem Lote nº.: 10000011377	Bis (Hidroxietil metacrilato) fostato, dimetacrilatotetraetileno glicol, vidro odontológico (conteúdo de carga >50%)
Panavia F 2.0 Lote nº.:051213	Pasta catalisada: bis-GMA; TEGDMA; particular de vidro Paste A: Partícula de sílicasilanizada, sílicacoloidalsilanizada, MDP, D hidrofílico alinfático, D hidrofílico aromático, canforoquinona, catalisador, iniciador Paste B: Vidro de bário silanizado, fluoreto de sódio, D hidrofílico aromático, D hidrofílico alinfático, catalisadores, aceleradores, pigmentos (conteúdo de carga $\cong$ 76%)
RelyX ARC Lote nº.: N140749	Bis-GMA, TEGDMA, piguimentos, amina, peróxido de benzoíla e sílica zircônia (conteúdo de carga $\cong$ 67,5%).

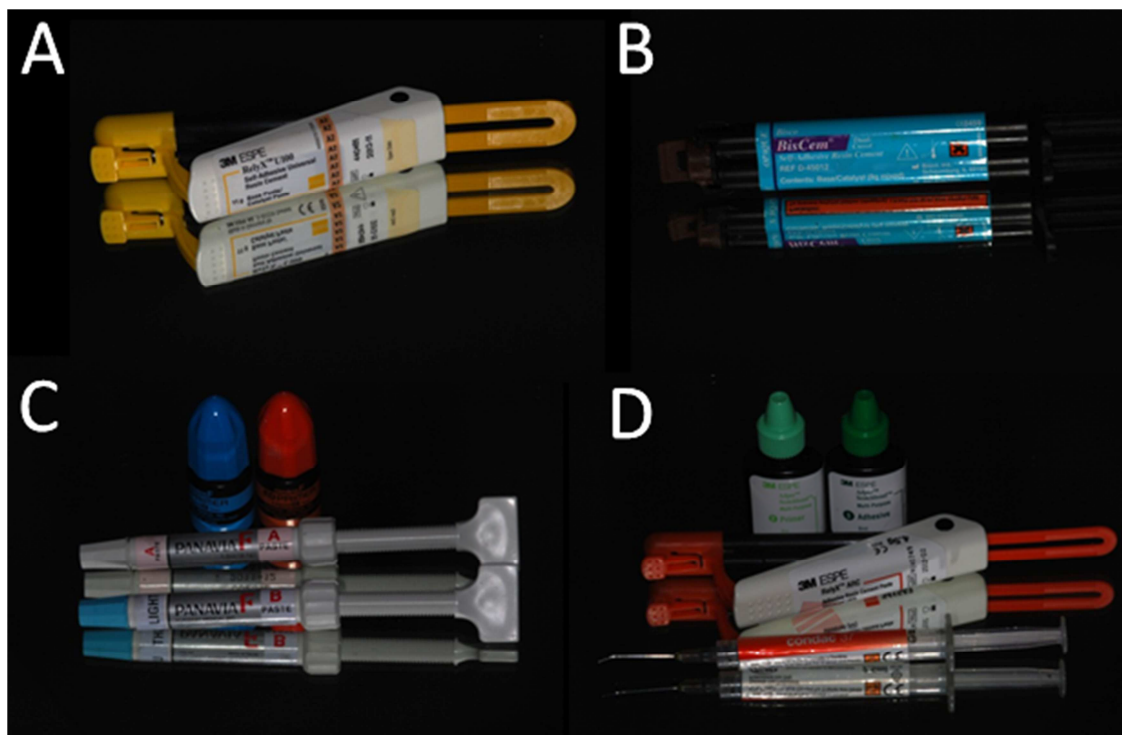


Figura 4. Cimentos resinosos utilizados nesta pesquisa. A - RelyX U100, B - Biscem, C - Panavia F, D RelyX ARC

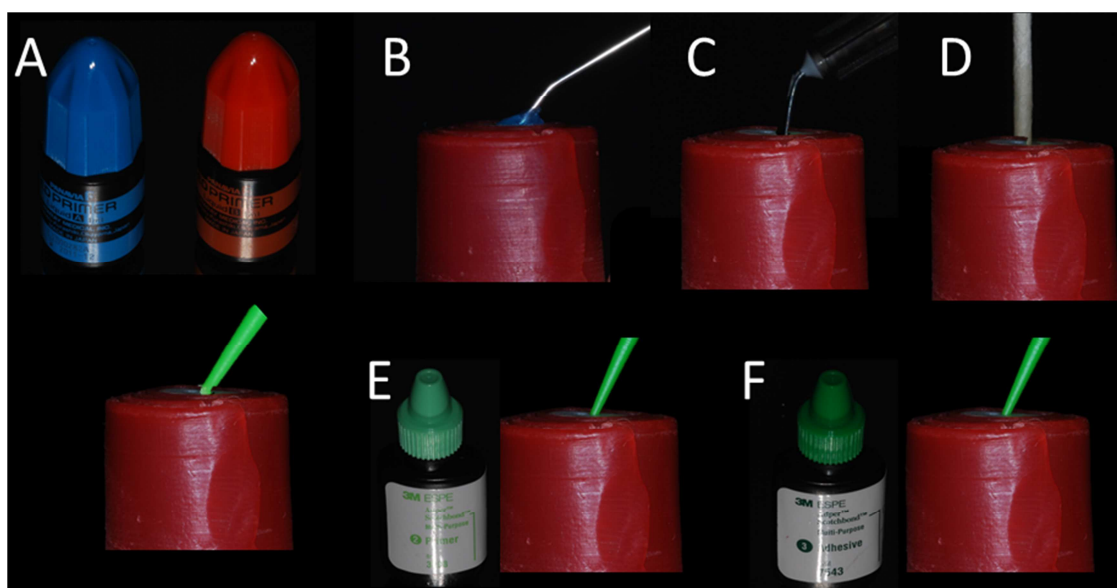


Figura 5.Aplicação de sistemas adesivos para Panavia F e RelyX ARC. A – aplicação de Primer A e Primer B, B –condicionamento com ácido fosfórico 37%, C – irrigação do canal radicular, D - controle de umidade, E – aplicação do primer, F - aplicação de uma camada de adesivo.

Para os pinos cimentados com Panavia F, previamente os canais receberam uma camada da mistura de Primer A (Kuraray, Japão) e Primer B (Kuraray, Japão) (Figura 5A). Para os pinos cimentados com RelyXARC os canais foram condicionados com ácido fosfórico 37% por 15 segundos (Figura 5B), seguido de irrigação com água (Figura 5C) e controle de umidade com ponta de papel absorvente (Figura 5D). Foi aplicada uma camada de primer (Primer Adper Scotchbond Multi-uso, 3M ESPE, EUA) seguida de remoção de excessos (Figura 5E), aplicação de uma camada de adesivo (Adesivo Adper Scotchbond Multi-uso, 3M ESPE, EUA) (Figura 5F), remoção de excessos e fotoativação por 40 segundos.

Os pinos de fibra de vidro (Figura 6 A) foram limpos por fricção com álcool 70 (Figura 6 B), imersos em peróxido de hidrogênio 24% por 1 minuto (Figura 6 C), lavados com água pelo mesmo período de tempo (Figura 6D), secos com jatos de ar (Figura 6E) e tratados com agente de união (Silano, Angelus, Brasil) foi aplicado na superfície por 1 minuto (Figura 6F). Antes do processo de cimentação, as raízes foram envoltas com cera 7 para evitar uma polimerização adicional do cimento (Figura 7A). Os cimentos foram manipulados (Figura 7B) de acordo com as instruções do fabricante, inseridos no canal radicular com lima de aço inoxidável tipo Kerr # 50 (DentsplyMaillefer) (Figura 7C) e adaptados na superfície dos pinos de fibra de vidro (Figura 6D), sendo em seguida cimentados nos canais radiculares com pressão digital (Figura 7E). Os cimentos resinosos foram fotoativados por 3 protocolos diferentes (n = 13): Imediato (P0) - fotoativação realizada imediatamente após a manipulação, inserção e remoção do excesso do cimento resinoso; 3 minutos (P3)- fotoativação três minutos após as etapas descritas anteriormente, e 5 minutos (P5)- fotoativação 5 minutos após os passos descritos anteriormente. A fotoativação foi realizada na região cervical da raiz, nos lados vestibular e lingual e na superfície incisal (Figura 7F) por 40 segundos, totalizando 120 segundos. A fotoativação foi realizada usando aparelho fotopolimerizador de luz halógena com potência de 1.200 mW/cm² (Optilux 501; KerrDemetron; Orange, CA) (, constantemente aferida durante o estudo. As raízes foram armazenadas em água destilada a 37 ° C por 24 horas.

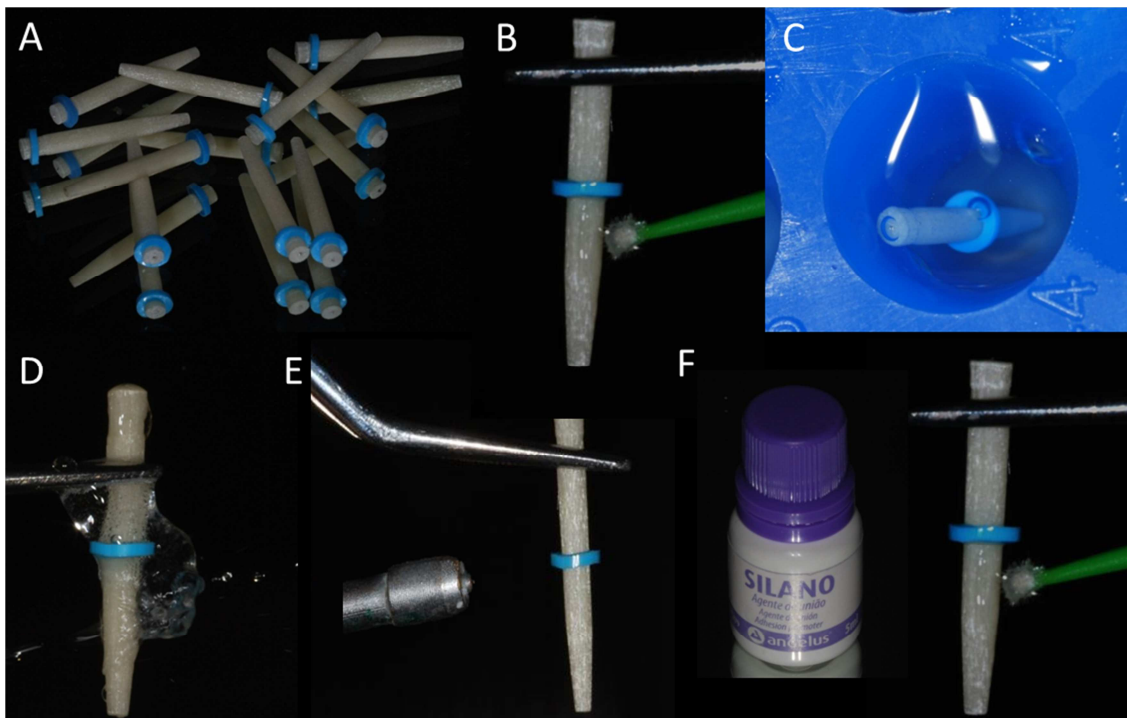


Figura 6. Tratamento de superfície para os pinos de fibra de vidro. A – pino de fibra de vidro opaco Exacto nº3, B – limpeza por fricção com álcool 70%, C – imersão do pino em póxido de hidrogênio 24% por 1 minuto, D- lavagem com água por 1 minutos, E – secagem do pino, F – aplicação de silano.

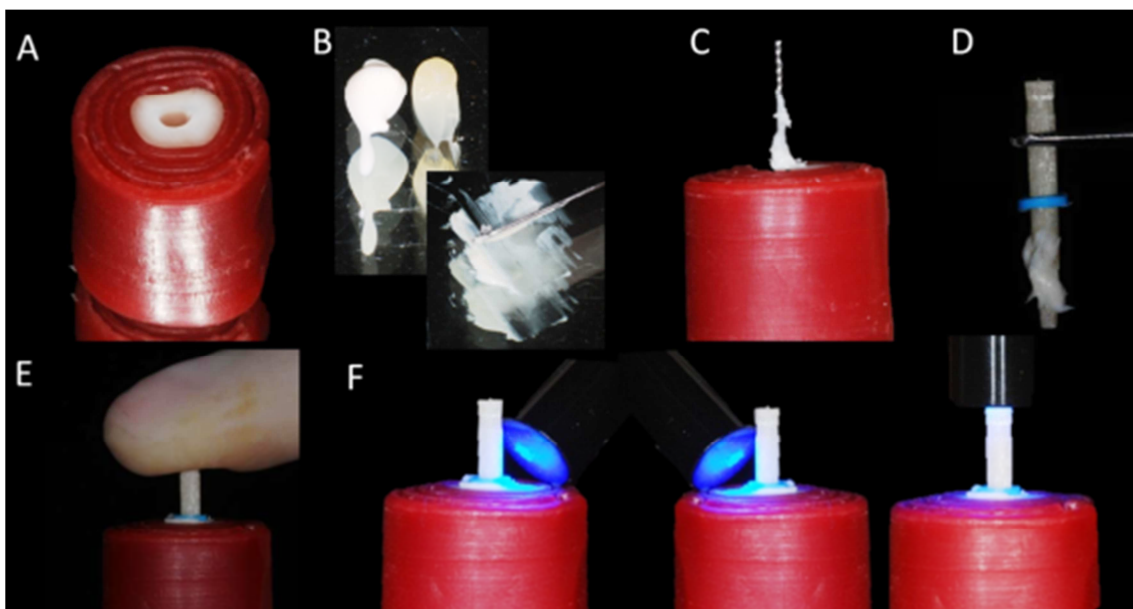


Figura 7. Cimentação do pino. A – proteção da raíz com cera 7, B – manipulação do cimento, C – Inserção do cimento no canal radicular, D – manipulação do cimento, E – inserção do pino no canal radicular, F – cimentação final do pino.

cimento levado ao pino, E – manutenção do pino em posição com pressão digital, F – fotoativação do cimento.

4.4. Ensaio mecânico de push-out

De cada subgrupo, 10 raízes foram selecionadas aleatoriamente para o ensaio de micropush-out. As raízes foram fixadas em placa de acrílico com adesivo de cianoacrilato (Henkel, São Paulo, SP, Brasil) e godiva de baixa fusão (DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) (Figura 8 A) e seccionadas em disco diamantado de dupla face (ExtecCorp., Enfield, CT, USA) montado em cortadeira de precisão (Isomet 1000; Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) (Figura 8 B e 8C). Foram obtidas seis fatias de 1 mm de espessura, sendo 2 fatias para cada terço radicular.

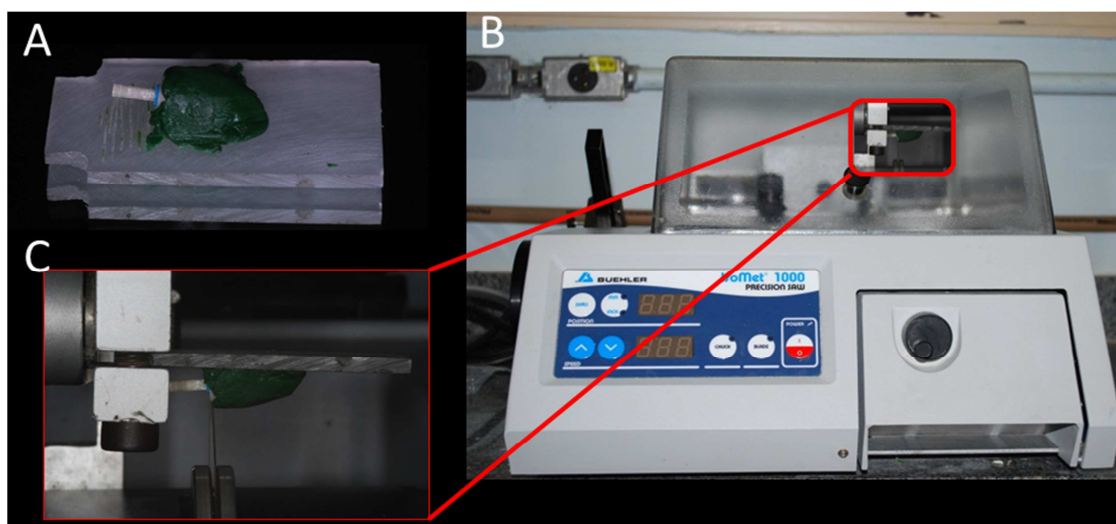


Figura 8. Preparo das amostras para ensaio de micropush-out. A -Fixação das amostras, B – cortadeira de precisão, C – amostra montada em cortadeira de precisão.

Para o teste de micropush-out foram usadas 3 tamanhos diferentes de pontas (1,30; 1,15; e 0,97 mm de diâmetro) associadas a 3 bases (2,5; 2,2 e 2,0 mm de diâmetro), (Figura 9A). Para testes nos terços cervical (base de 2,5 e ponta de 1,3), terço médio (base de 2,2 mm e ponta de 1,15) e terço apical (base de 2,0 mm e ponta de 0,97. Os diâmetros variados de pontas e bases foram utilizadas devido o formato cônico do pino, a fim de introduzir tensões de cisalhamento ao longo da interface de união de acordo com a

conicidade. As pontas e bases eram montadas em máquina de ensaio mecânico (DL 2000; EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brasil) com uma célula de carga de 20 Kgf (Figura 9B). Foi aplicado carregamento no sentido apico-coronal dos espécimes, com velocidade de 0,5 mm / min até a falha (Figura 9C). A resistência de união para cada segmento de raiz foi expressa em MPa, dividindo-se a força de ruptura (N) pela área da interface em mm² (A). A área de interface foi calculada seguinte fórmula:

$$A = 2\pi [(R + r) / 2] h$$

Onde $\pi = 3,14$, R = raio cervical, r = raio apical e h = altura da fatia.

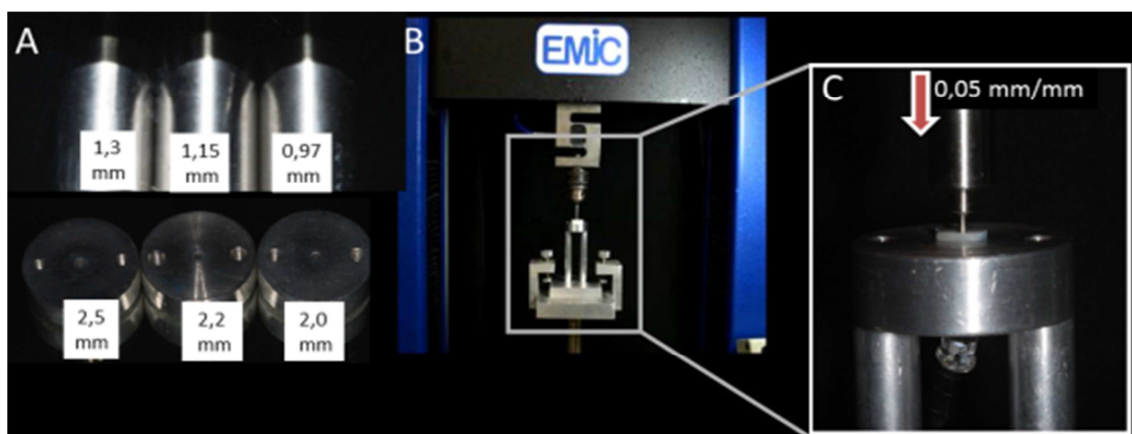


Figura 9. Ensaio de micropush-out. Pontas, bases (A), máquina de ensaio mecânico (B) e ensaio de micropush-out (C)

As medições de espessura das fatias foram realizadas utilizando paquímetro digital com precisão de 0,01 mm (Mitutoyo, Tóquio, Japão). As medidas do raio do pino foram feitas em estereomicroscópio (Mitutoyo, Tokio Japão) (Figura 10 A) ligado ao software de controle de imagem, (MoticImagePlus 2.0; Motic, Richmond, BC, Canadá), utilizando imagens obtidas por câmera digital (Moticam 2000; Motic) (Figura 10 B).

Todos os espécimes fraturados foram analisados usando um estereomicroscópio (Mitutoyo, Tokio, Japão) com uma ampliação de 60 × e classificados como adesivas entre dentina/cimento, coesiva de cimento ou mista.

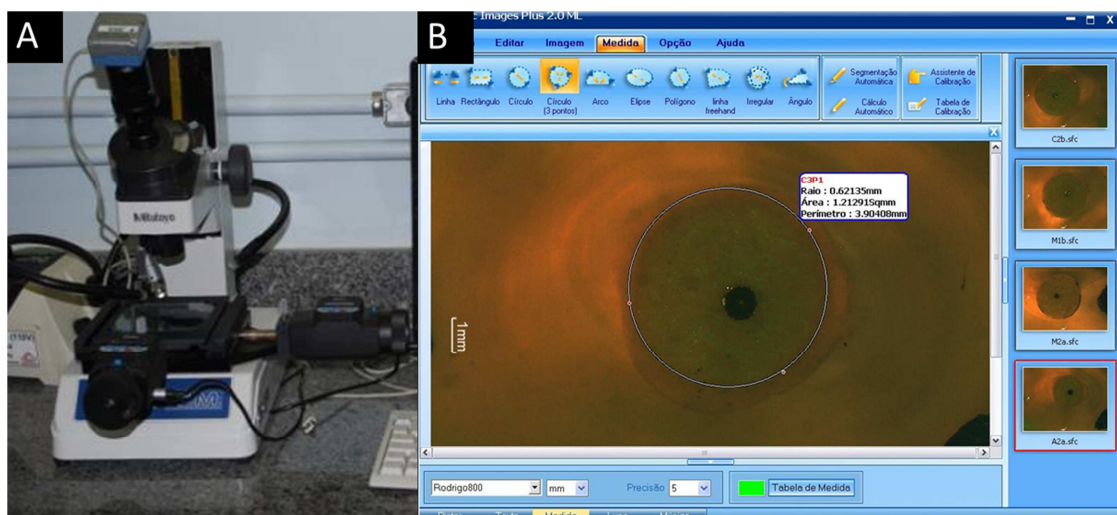


Figura 10. Processo de captura de imagens para determinação do raio das amostras. A – estereomicroscópio, B – interface do programa MoticImage Plus 2.0.

4.4 Ensaio dinâmico de microdureza e cálculo do módulo de elasticidade

Três raízes de cada subgrupo foram utilizadas para a análise das propriedades mecânicas da linha de cimentação em cada região da raiz. As raízes foram fixadas em placa de acrílico com auxílio de adesivo a base de cianoacrilato e godiva (Figura 11A) e seccionados longitudinalmente por meio de disco diamantado de dupla face (Extex, EUA) montado em micrótomo de tecido duro (Isomet 1000; Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) (Figura 11B). Uma hemi-seção por raiz foi selecionada aleatoriamente e utilizada na avaliação das propriedades mecânicas. As fatias foram fixadas com resina de poliéster (Instrumental Instrumentos de Medição Ltda, São Paulo, SP, Brasil) (Figura 11C) para embutimento a frio. Antes do teste, as superfícies foram polidas inicialmente com lixas de carbetto de silício (# 600, 800, 1200, 2000; Norton, Campinas, SP, Brasil) (Figura 11D) e pastas diamantadas metalográficas (6, 3, 1, $\frac{1}{4}$ μm ; Arotec, São Paulo, SP, Brasil) (Figura 10E). As propriedades micromecânicas: microdureza Vickers (VHN) e módulo de elasticidade (E) da linha de cimentação foram avaliadas usando um indentador de microdureza Vickers (CSM Micro-HardnessTester; Instruments CSM, Peseux, Suíça) (Figura

12A). Foram feitas 9 indentações com 1,0 mm de distanciamento no espaço de 0,5 a 8,5 mm na linha de cimentação partindo da região cervical, sendo 3 indentações correspondentes aos terços cervical, médio e apical (Figura 12B).

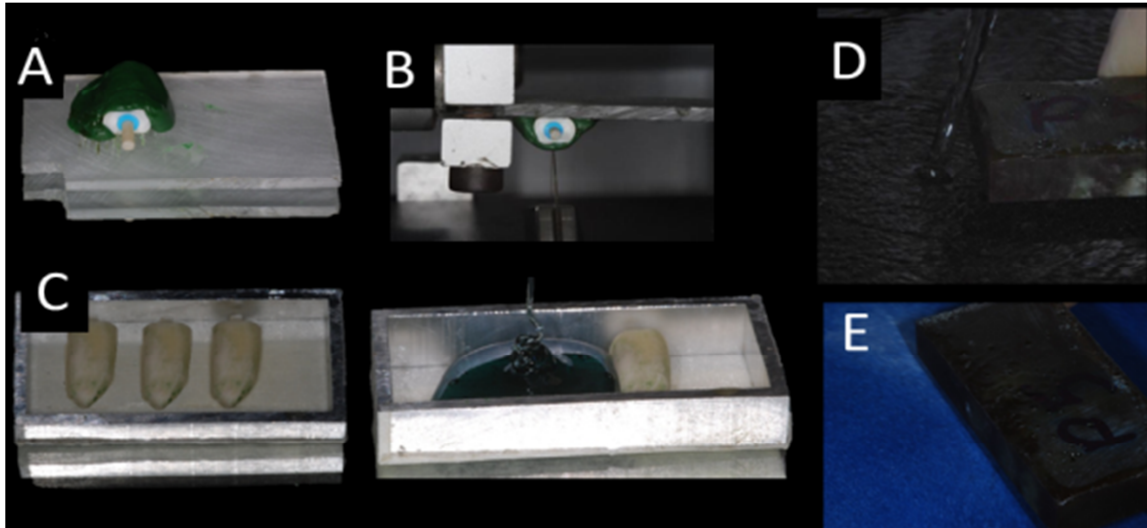


Figura 11. Preparo das amostras para ensaio dinâmico de microdureza Vickers. A – fixação das amostras, B – corte em cortadeira de precisão, C – inclusão em resina de embutimento a frio, D – acabamento da superfície com lixa de carbeto de silício, E – polimento das amostras com pasta diamantada.

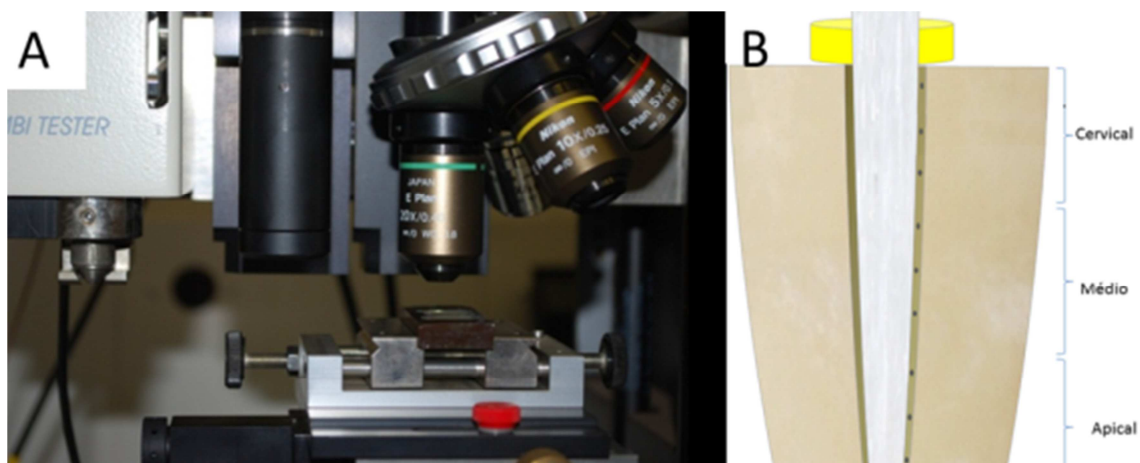


Figura 12. Ensaio de VHN. A – Indentador com amostra posicionada, B – locais para realização das endentações.

O teste foi realizado com força controlada. O carregamento foi aumentado e reduzido a uma velocidade constante entre 0mN e 500mN. O

carregamento aumentou de 0 mN a 500mN em intervalo de 20 segundos, sendo o carregamento máximo de 500mN mantido por 5 segundos. Em seguida, o carregamento foi gradualmente removido de 500mN a 0 mN em intervalo de 20 segundos. A carga e a profundidade de penetração do indentedor foram aferidos continuamente durante carregamento-des carregamento (Figura 13).

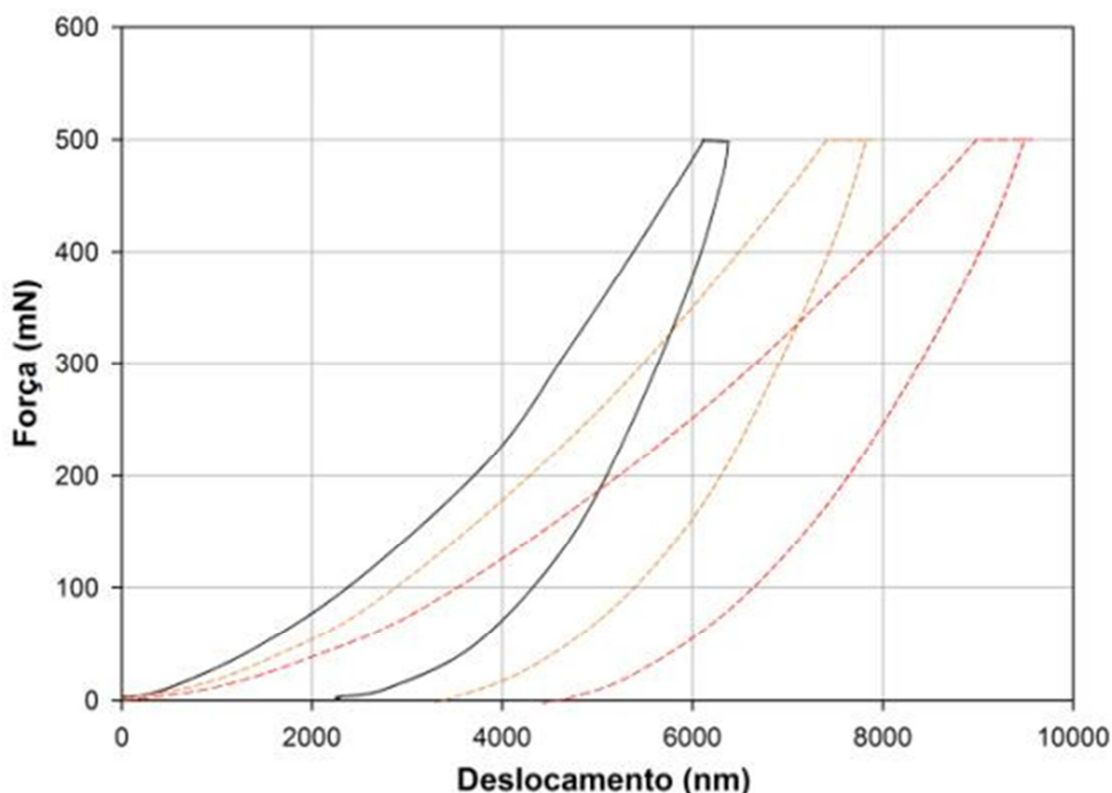


Figura 13. Curvas de carregamento/deslocamento do cimento resinoso RelyX U100, no teste de microindentação nos terços cervical (preto), médio (laranjado) e apical (vermelho) da raiz, respectivamente.

A Dureza Universal é definida pela força do teste dividida pela área aparente da indentação em força máxima. Por uma variação de valores guardados no banco de dados fornecido pelo fabricante, a conversão de Dureza Universal em Dureza Vickers foi calculada e executada no software, assim as medidas foram expressas em unidades de microdureza Vickers (VHN). O módulo de indentação foi calculado pela inclinação da tangente da

curva de profundidade em força máxima, sendo este comparável ao módulo de elasticidade (E) do material em GigaPascal (GPa).

4.5. Análise estatística

Uma vez que os dados de resistência de união, VHN e E apresentaram distribuição normal (Shapiro-Wilk, $p > 0,05$) e homogeneidade de variância (teste de Levene, $p > 0,05$), dessa forma, foram utilizados testes paramétricos para análise estatística dos dados. Anova fatorial com parcela subdividida foi usada para avaliar a influência do protocolo de fotoativação (imediate, 3 minutos e 5 minutos), cimento resinoso (RelyX U100, BisCem, Panavia F 2.0 e RelyX ARC) e regiões radiculares (sub-parcela: terço cervical, médio e apical) nos valores de resistência de união, VHN e E . O teste de Tukey foi usado para comparações múltiplas entre os grupos. Análise de regressão linear múltipla foi usada para determinar a influência do protocolo de fotoativação (0, 3 e 5 minutos) e da região do canal radicular (1-cervical, 2-média e 3-apical) na resistência de união e para determinar a influência do protocolo de foto ativação (0, 3 e 5 minutos) e a profundidade do canal radicular (0,5 a 8,5 mm) nos dados de VHN e E . O nível de probabilidade foi fixado em 95% para todas as análises. Todos os testes estatísticos foram realizados usando o software SAS 9.1 (SAS, Cary, NC, EUA).

RESULTADOS

5 – RESULTADOS

5.1 – Ensaio mecânico de push-out

Os valores de resistência de união ao teste de push-out foram significativamente afetados pelo cimento resinoso ($p < 0,0001$), região radicular ($p < 0,0001$), protocolo de foto ativação ($p < 0,0001$) e pelas interações de cimento resinoso x protocolo de fotoativação ($p=0,0114$) e protocolo de fotoativação x região radicular ($p < 0,0001$). As demais interações não foram estatisticamente significantes (Tabela 1).

Tabela 1. ANOVA Two-way com parcela subdividida para valores de resistência de união em relação aos fatores cimento resinoso, protocolo de fotoativação e região radicular e suas interações.

Fator	dF	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	Valor de p
Cimento	3	111	23,89	<0,0001
Protocolo	2	116	99,83	<0,0001
Região	2	216	170,01	<0,0001
Cimento x Protocolo	6	115	2,90	0,0114
Cimento x Região	6	217	1,08	0,3761
Protocolo x Região	4	217	8,25	<0,0001
Cimento x Protocolo X Região	12	217	0,57	0,8636

Os resultados de média e desvio-padrão para o teste de push-out são apresentados na tabela 2. Para o protocolo de fotoativação imediata, o cimento resinoso BisCem apresentou os maiores valores de resistência de união no terço cervical, no entanto, para os terços médio e apical, os valores de resistência de união foram semelhantes para todos os cimentos resinosos. Para todos os cimentos resinosos, a resistência no terço cervical foi maior que o apresentado para os terços médio e apical. Quando avaliado o protocolo de fotoativação de 3 minutos o cimento resinoso RelyX U100apresentou os

maiores valores de resistência de união quando comparado aos cimentos resinosos convencionais e valores semelhantes aos apresentados para o cimento resinoso BisCem. Os cimentos resinosos auto-adesivos apresentaram redução progressiva nos valores de resistência de união em relação aos terços radiculares. O cimento Panavia F apresentou valores de resistência de união nos terços cervical e médio maiores que no terço apical. O cimento RelyX ARC apresentou maiores valores de resistência de união no cervical quando comparado ao terço apical.

Tabela 1 – Resistência de união pelo teste de micropush-out em megapascal (MPa).

Protocolo de fotoativação	Cimento Resinoso	Região radicular		
		Cervical	Médio	Apical
Imediato	U100	9,7 (3,8) ^{γABa}	7,3 (2,7) ^{γAb}	6,0 (2,7) ^{βAb}
	BisCem	10,6 (2,7) ^{γAa}	7,1 (1,6) ^{γAb}	5,8 (1,7) ^{βAb}
	Panavia F	7,8 (1,8) ^{βBa}	6,0 (1,4) ^{βAab}	4,6 (1,0) ^{βAb}
	Arc	7,2 (2,6) ^{γBa}	5,3 (2,18) ^{βAb}	4,0 (1,6) ^{βAb}
3 minutos	U100	16,5 (4,3) ^{βAa}	13,5 (2,3) ^{βAb}	10,7 (2,5) ^{αAc}
	BisCem	14,9 (4,4) ^{βAa}	12,3 (4,6) ^{βABb}	8,3 (3,0) ^{βAB c}
	Panavia F	12,0 (3,1) ^{αBa}	10,1 (2,9) ^{αBa}	6,4 (2,0) ^{αβBb}
	Arc	12,00 (3,4) ^{βBa}	9,1 (2,5) ^{αβBab}	6,8 (2,2) ^{αβBb}
5 minutos	U100	23,6 (6,6) ^{αAa}	19,3 (5,2) ^{αAb}	13,5 (3,1) ^{αAc}
	BisCem	19,9 (3,3) ^{αBa}	16,5 (3,3) ^{αAa}	11,7 (3, 47) ^{αAb}
	Panavia F	14,6 (2,3) ^{αCa}	11,3 (3,1) ^{αBb}	7,3 (2,2) ^{αBc}
	Arc	14,8 (3,4) ^{αCa}	12,5 (3,9) ^{αBab}	9,2 (3,3) ^{αBb}

Números correspondem a médias, valores entre parênteses são desvios-padrão. Letras diferentes (letras gregas, comparação entre as colunas em cada cimento resinoso para cada protocolo de fotoativação; letras maiúsculas, comparação entre as colunas para cada protocolo de foto-ativação; letra minúscula, comparação entre linhas) indicam diferença estatística ao teste de Tukey (p <0,05).

Para o protocolo de fotoativação de 5 minutos os cimentos resinosos RelyX U100 e BisCem apresentaram maior resistência de união em relação aos cimentos resinosos RelyX ARC e cimentos Panavia F. RelyX U100 e Panavia F apresentaram redução progressiva na resistência de união em relação aos regiões radiculares. Já os cimentos BisCem e RelyX ARC apresentaram valores de resistência de união maiores no terço cervical quando comparado ao terço apical. Os cimentos resinosos RelyX U100 e BisCem apresentaram um aumento progressivo na resistência de união em todas as regiões radiculares a medida que se esperava 3 minutos e 5 minutos. Valores de resistência de união dos cimentos resinosos RelyX ARC e Panavia F foram significativamente menores para o protocolo de fotoativação imediata quando comparados com a fotoativação após 5 minutos.

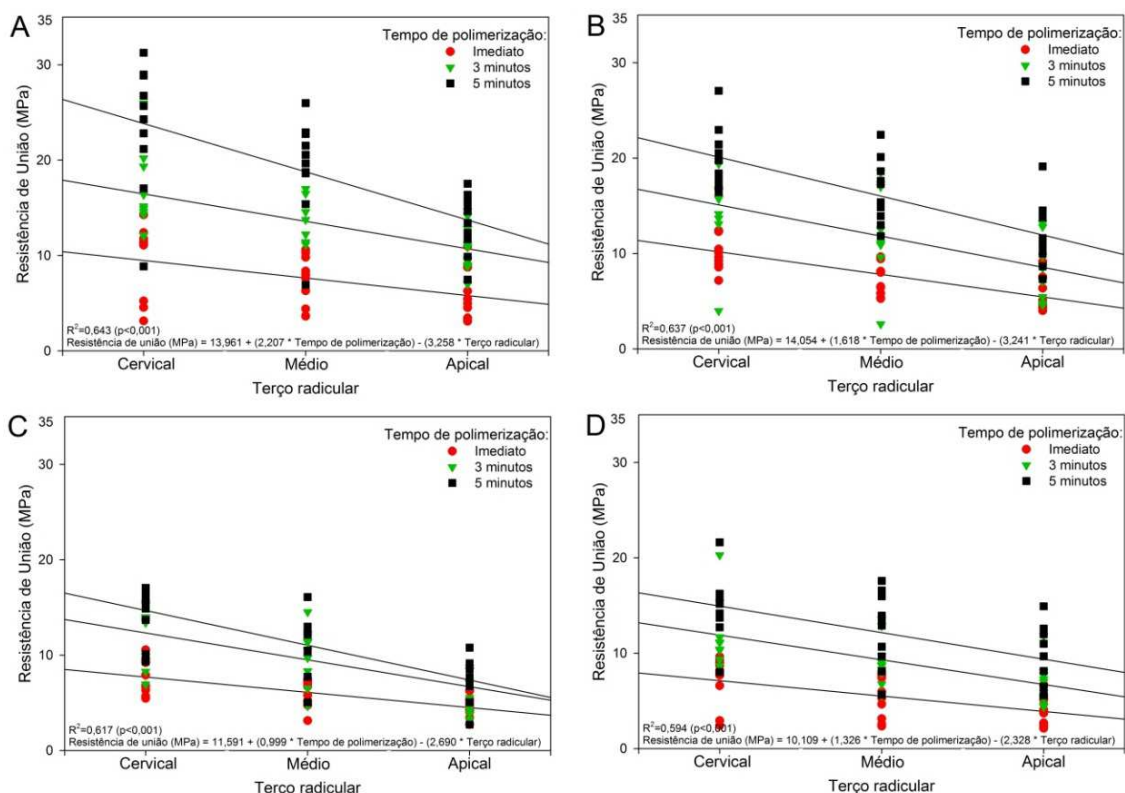


Figura 14. Relação entre resistência de união no canal radicular, protocolo de fotoativação e região radicular para os cimentos resinosos (A) RelyX U100, (B) BisCem, (C) Panavia F e (D) RelyX ARC.

O modelo de regressão linear múltipla mostrou que a resistência de união foi significativamente associada com o protocolo fotoativação ($p < 0,001$) e as regiões radiculares ($p < 0,001$) para todos os cimentos resinosos com um coeficiente de determinação variando entre 0,594 a 0,643 (Figura 14). A região radicular foi significativamente associada a todos os cimentos resinosos com valores aproximados ($\beta = 2,328-3,358$). No entanto, o protocolo de fotoativação foi significativamente associado com os cimentos resinosos por diferentes magnitudes ($\beta = 2,207, 1,618, 1,326$ e $0,999$ para o RelyXU100, BisCem, ARC e RelyX Panavia F, respectivamente) (Figura 14).

Tabela 2 – Padrão de falha para os grupos testados

Protocolo de fotoativação	Cimento Resinoso	Terçoradicular		
		Cervical	Médio	Apical
		A / M / C	A / M / C	A / M / C
Imediato	U100	12 / 8 / 0	13 / 6 / 1	15 / 3 / 2
	BisCem	15 / 5 / 0	16 / 4 / 0	16 / 2 / 2
	Panavia F	16 / 4 / 0	17 / 3 / 1	18 / 0 / 2
	Arc	15 / 5 / 0	16 / 4 / 0	19 / 0 / 1
3 minutos	U100	11 / 9 / 0	12 / 8 / 0	15 / 3 / 0
	BisCem	13 / 7 / 0	13 / 7 / 0	16 / 2 / 1
	Panavia F	14 / 6 / 0	15 / 5 / 0	18 / 0 / 1
	Arc	15 / 5 / 0	14 / 6 / 0	19 / 0 / 0
5 minutos	U100	10 / 10 / 0	10 / 10 / 0	15 / 3 / 0
	BisCem	13 / 7 / 0	12 / 8 / 0	16 / 2 / 0
	Panavia F	14 / 6 / 0	15 / 5 / 0	18 / 0 / 2
	Arc	12 / 8 / 0	15 / 5 / 0	19 / 0 / 1

*A, M e C correspondem a falhas adesivas entre dentina e pino, falhas mistas e falhas coesivas em cimento.

Em relação ao padrão de falha, não foram observadas falhas coesivas de pino ou dentina, nem falhas adesivas entre pino e cimento. Em geral foram observadas mais falhas adesivas nos protocolos imediato e 3

minutos em relação ao protocolo de 5 minutos e uma maior quantidade de falhas adesivas para a região apical em todos os cimentos. Os cimentos resinosos convencionais apresentaram uma quantidade um pouco maior de falhas adesivas em todos os protocolos de foto ativação quando comparado aos cimentos auto-adesivos.

5.2 – Valores de microdureza Vickers e módulo de elasticidade

Os valores de VHN foram significativamente afetados pelo cimento resinoso ($p < 0,001$), protocolo de fotoativação ($p < 0,001$) e região radicular ($p < 0,001$). As interações entre cimento resinoso x região radicular ($p < 0,001$), cimento resinoso x protocolo de fotoativação ($p < 0,001$) e cimento resinoso x protocolo de fotoativação x região radicular ($p = 0,022$) foram estatisticamente significativas. A interação entre protocolo de fotoativação x região radicular não foi estatisticamente significativa ($p = 0,505$) (Tabela 3).

Tabela 3. ANOVA fatorial com parcela subdividida para valores de VHN em relação aos fatores cimento resinoso, protocolo de fotoativação e região radicular e suas interações.

Fator	dF	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	Valor de p
Cimento	3	24	52,69	<0,0001
Protocolo	2	24	39,92	<0,0001
Região	2	48	490,08	<0,0001
Cimento x Protocolo	6	24	6,27	0,0005
Cimento x Região	6	48	24,48	<0,0001
Protocolo x Região	4	48	0,84	0,5049
Cimento x Protocolo X Região	12	48	2,28	0,0220

Os resultados de média e desvio-padrão para o teste de dureza são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Microdureza Vickers (N/mm²) apresentada pelos cimentos resinosos avaliados, em função do protocolo de fotoativação, terço radicular e suas interações.

Protocolo de fotoativação	CimentoResinoso	Terço radicular		
		Cervical	Médio	Apical
Imediato	U100	58,8 (11,2) ^{γABa}	36,0 (6,1) ^{γBb}	25,7 (7,8) ^{γBc}
	BisCem	37,3 (2,1) ^{βCa}	29,6 (3,3) ^{βBb}	18,4 (2,0) ^{βCc}
	Panavia F	54,8 (6,3) ^{βBa}	35,6 (4,4) ^{αBb}	18,6 (3,3) ^{αCc}
	Arc	61,0 (2,7) ^{αAa}	44,7 (4,4) ^{αAb}	32,6 (2,3) ^{βAc}
3 minutos	U100	66,0 (4,5) ^{βAa}	46,8 (1,9) ^{βABb}	34,7 (2,5) ^{βBc}
	BisCem	46,1 (2,5) ^{αCa}	39,40 (5,2) ^{αBCb}	31,7 (3,3) ^{αBc}
	Panavia F	58,9 (1,6) ^{αβBa}	34,8 (2,3) ^{αCb}	16,9 (0,9) ^{αCc}
	Arc	59,2 (2,8) ^{αBa}	50,1 (2,9) ^{αAb}	42,0 (2,1) ^{αAc}
5 minutos	U100	75,5 (4, 8) ^{αAa}	62,8 (5,8) ^{αAb}	42,2 (8,9) ^{αAc}
	BisCem	48,6 (4,6) ^{αDa}	44,8 (0,9) ^{αBa}	36,9 (2,6) ^{αAb}
	Panavia F	64,4 (3,2) ^{αBa}	34,8 (3,3) ^{αCb}	18,2 (1,8) ^{αBc}
	Arc	58,5 (0,7) ^{αCa}	51,2 (2,5) ^{αBb}	43,5 (1,6) ^{αAc}

Números correspondem a médias, valores entre parênteses são desvios-padrão. Letras diferentes (letras gregas, comparação entre as colunas em cada cimento resinoso para cada protocolo de fotoativação; letras maiúsculas, comparação entre as colunas para cada protocolo de fotoativação; letra minúscula, comparação entre linhas) indicam diferença estatística ao teste de Tukey (p <0,05).

Em geral, VHN de Panavia F e RelyX ARC não foram influenciados pelo protocolo de fotoativação. RelyX U100 apresentou valores de VHN significativamente mais altos para protocolo de fotoativação de 5 minutos, independentemente da região radicular. Protocolo fotoativação de 3 e 5 minutos resultou em valores significativamente maiores de VHN para o cimento resinoso BisCem independentemente dos regiões radiculares. Os valores de VHN diminuíram gradualmente em função do terço radicular, independentemente do cimento resinoso. Para o protocolo de fotoativação

imediate o cimento resinoso RelyX ARC apresentou os maiores valores de VHN independentemente da região radicular, por outro lado, o cimento resinoso BisCem teve os menores valores de VHN. Para o protocolo de foto ativação de 3 minutos RelyXU100 e RelyX ARC tiveram valores de VHN maiores que BisCem Panavia F. Para o protocolo de foto ativação de 5 minutos, RelyXU100 apresentou os maiores valores de VHN para todos os regiões radiculares. Para o terço cervical, o menor valor foi observado no cimento resinoso BisCem, no entanto, nos terços médio e apical da raiz, Panavia F apresentou valores inferiores de VHN.

E foi significativamente afetado pelo cimento resinoso ($p < 0,001$), protocolo de fotoativação ($p < 0,001$) e região radicular ($p < 0,001$). A interação entre cimento resinoso x região radicular foi estatisticamente significativa ($p < 0,001$). As demais interações não foram estatisticamente significativas (Tabela 5).

Tabela 5. ANOVA Two-way com parcela subdividida para valores de *E* em relação aos fatores cimento resinoso, protocolo de fotoativação e região radicular e suas interações.

Fator	dF	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	Valor de p
Cimento	3	24	8,78	0,0004
Protocolo	2	24	16,57	<0,0001
Região	2	48	480,86	<0,0001
Cimento x Protocolo	6	24	1,88	0,1250
Cimento x Região	6	48	17,79	<0,0,001
Protocolo x Região	4	48	1,86	0,1334
Cimento x Protocolo X Região	12	48	1,40	0,2008

Os resultados de média e desvio-padrão para os valores de *E* são apresentados na tabela 6. Em geral, os valores de *E* para Panavia F e RelyX

ARC não foram influenciados pelo protocolo de fotoativação. Os valores de *E* para o cimento resinoso BisCem e RelyXU100 aumentaram gradualmente com protocolos de fotoativação de 3 e 5 minutos. Para todos os cimentos resinosos os valores de *E* reduziu gradativamente com os regiões radiculares.

Tabela 6 – Módulo de elasticidade em Gigapascal (GPa). em relação aos fatores cimento resinoso, protocolo de fotoativação e região radicular e suas interações.

Protocolo de fotoativação	Cimento Resinoso	Terço radicular		
		Cervical	Médio	Apical
Imediato	U100	8,2 (2,2) ^{βBa}	5,1 (1,1) ^{γBb}	3,4 (1,1) ^{βBc}
	BisCem	6,6 (0,2) ^{γCa}	4,6 (0,1) ^{βBb}	1,5 (0,2) ^{γCc}
	Panavia F	10,1 (0,6) ^{βAa}	5,8 (1,3) ^{αABb}	3,8 (0,8) ^{αABc}
	Arc	8,6 (0,7) ^{αBa}	6,7 (1,9) ^{αAb}	4,9 (1,1) ^{αAc}
3 minutos	U100	9,5 (0,5) ^{αBa}	6,9 (1,1) ^{βAb}	5,6 (0,3) ^{αβAc}
	BisCem	7,3 (0,7) ^{βCa}	5,1 (1,0) ^{βBb}	3,6 (0,6) ^{βBc}
	Panavia F	11,1 (0,2) ^{αβAa}	6,8 (0,5) ^{αAb}	4,2 (0,2) ^{αBc}
	Arc	8,4 (0,4) ^{αBCa}	6,9 (0,9) ^{αAb}	5,5 (0,3) ^{αAc}
5 minutos	U100	9,6 (1,2) ^{αBa}	8,4 (1,5) ^{αAb}	6,4 (1,4) ^{αAc}
	BisCem	8,6 (0,3) ^{αBa}	7,7 (0,7) ^{αAa}	5,2 (0,9) ^{αABb}
	Panavia F	11,7 (1,1) ^{αAa}	7,0 (0,7) ^{αAb}	4,3 (0,6) ^{αBc}
	Arc	8,8 (0,1) ^{αBa}	7,2 (1,0) ^{αAb}	5,8 (0,8) ^{αABc}

Números correspondem a médias, valores entre parênteses são desvios-padrão. Letras diferentes (letras gregas, comparação entre as colunas em cada cimento resinoso para cada protocolo de foto ativação; letras maiúsculas, comparação entre as colunas para cada protocolo de foto-ativação; letra

minúscula, comparação entre linhas) indicam diferença estatística ao teste de Tukey ($p < 0,05$).

O modelo de regressão linear múltipla mostrou que, para todos os cimentos resinosos, VHN e E foram significativamente associados ao protocolo de fotoativação ($p < 0,001$) e a profundidade do canal radicular ($p < 0,001$), com altos coeficientes de regressão, variando entre 0,721 e 0,908 (Figuras 15 e 16). A profundidade do canal radicular foi significativamente associada com valores VHN para os cimentos resinosos RelyX U100 e Panavia F ($\beta = -5,302$ e $-6,702$, respectivamente) e em menor escala para BisCeme RelyX ARC ($\beta = -2,418$ e $-3,452$, respectivamente). Protocolo fotoativação teve uma maior relação com valores VHN para os cimentos RelyXU100 e BisCem ($\beta = 3,913$ e $3,049$, respectivamente), quando comparado a Panavia F e ARC RelyX ($\beta = 0,530$ e $1,025$, respectivamente).

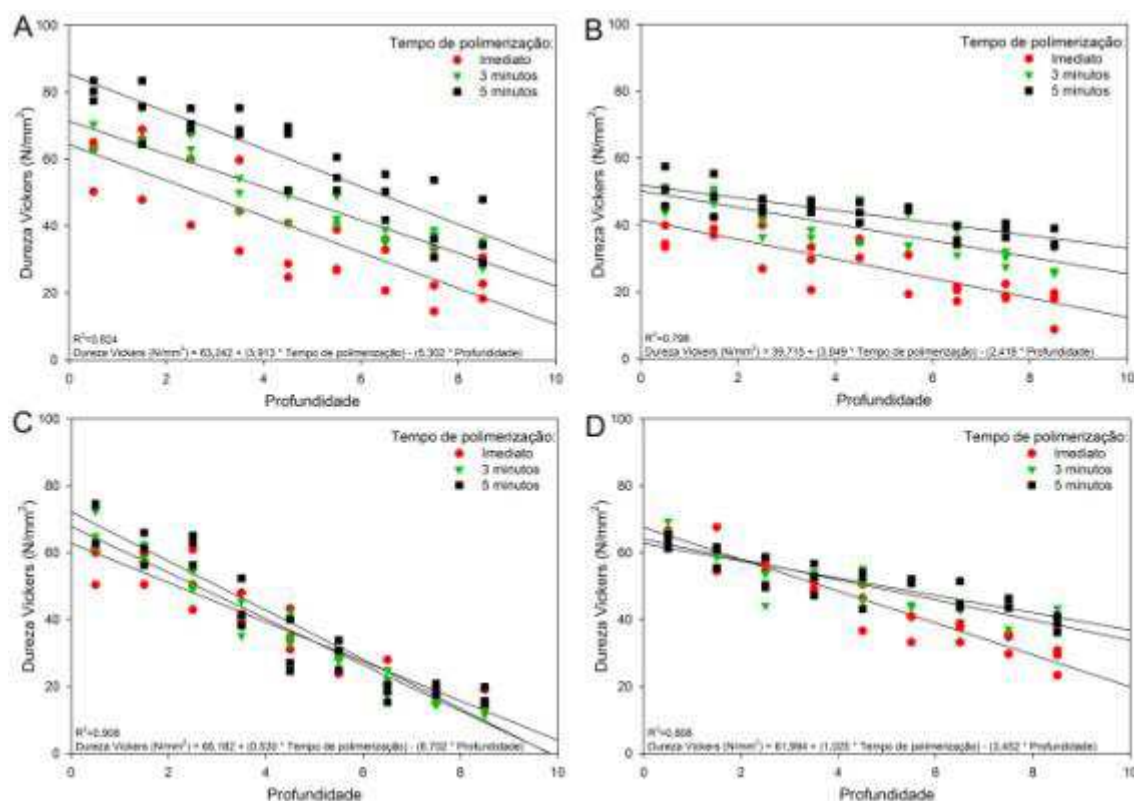


Figura 15. Relação entre VHN no canal radicular, protocolo de foto ativação e profundidade do canal radicular para os cimentos resinosos (A) RelyX U100, (B) BisCem, (C) Panavia F e (D) RelyX ARC.

E foi significativamente influenciado em maior escala pela profundidade do canal para o cimento resinoso Panavia F ($\beta = 1,107$), comparado aos cimentos RelyX U100, BisCem e RelyX ARC ($\beta = 0,644, 0,663$ e $0,538$, respectivamente). Protocolo de fotoativação teve maior influência sobre o E para cimentos resinosos RelyX U100 e BisCem ($\beta = 0,519$ e $0,518$ e, respectivamente) em comparação com Panavia e RelyX ARC ($\beta = 0,227$ e $0,1118$ respectivamente).

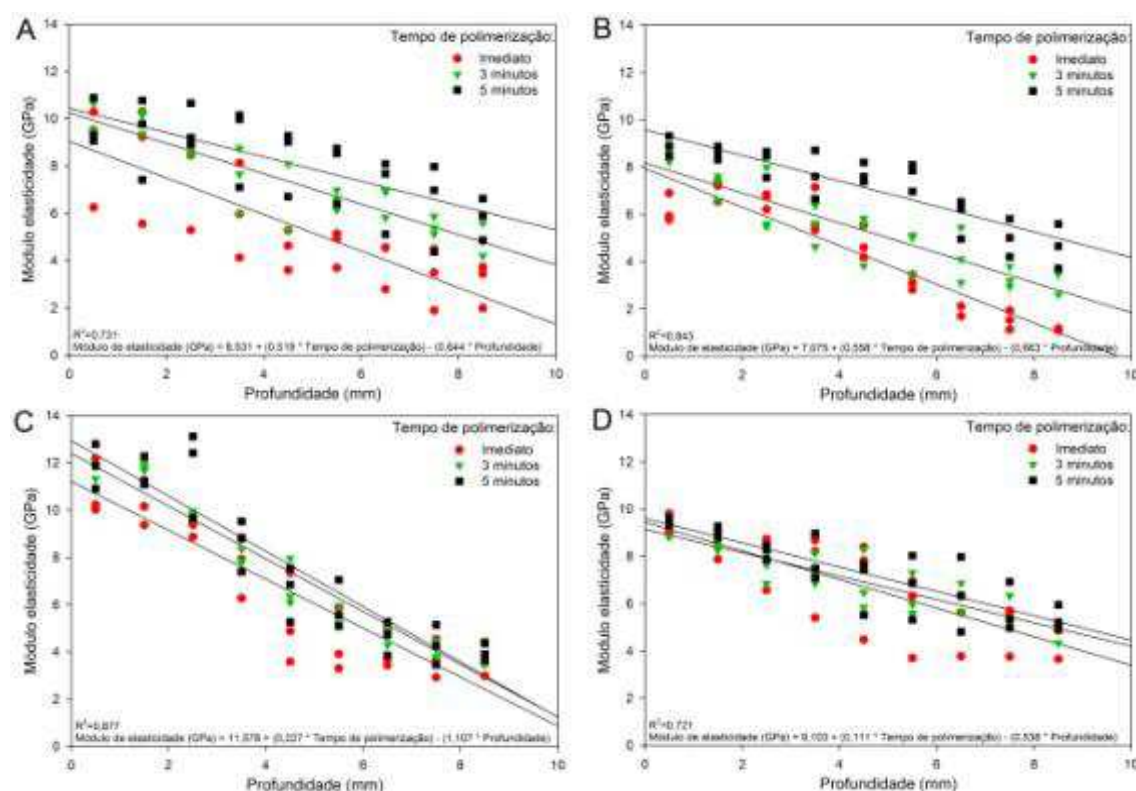


Figura 16. Relação entre E no canal radicular, protocolo de foto ativação e profundidade do canal radicular para os cimentos resinosos (A) RelyX U100, (B) BisCem, (C) Panavia F e (D) RelyX ARC.

6 – DISCUSSÃO

6 - DISCUSSÃO

A hipótese nula do presente trabalho foi totalmente rejeitada, os resultados indicaram que a retenção dos pinos de fibra de vidro à dentina radicular representada pela resistência de união, bem como a dureza e o módulo de elasticidade foram significativamente influenciados pelo tipo de cimento resinoso, protocolos de foto ativação e região radicular. Diferentemente da situação clínica, os canais radiculares no presente estudo não foram obturados com cimento e guta-percha antes da preparação para pino, com o objetivo de eliminar possível influência deste fator. O uso da guta-percha e cimentos podem afetar de maneiras diferentes a resistência de união de cimentos resinosos auto-adesivos(Cecchin et al., 2011) e cimentos resinosos convencionais(Vano et al., 2008; Demiryurek et al., 2009). Logo a real influência dos fatores em estudo testados poderia ser mascarada pelo uso de guta-percha ou cimento endodôntico. O impacto das soluções de NaOCl e EDTA na resistência de união são controversos na literatura. Para cimentos resinosos convencionais e auto-adesivos o uso de NaOCl não tem produzido aumento na resistência de união (Zhang et al., 2008; Demiryurek et al., 2009), no entanto, o uso de soluções de EDTA pode melhorar a resistência de união de cimentos resinosos convencionais (Demiryurek et al., 2009). Porém parece não agir da mesma forma para cimentos autoadesivos(Pisani-Proenca et al., 2011). Então, a influência desses fatores também foi eliminada pela limpeza do canal radicular utilizando apenas água após o preparo para a inserção do pino(Zhang et al., 2008).

Neste estudo, a resistência de união, E e VHN dos cimentos resinosos convencionais e autoadesivos foram avaliados. A determinação dos valores de E e VHN dos cimentos resinosos no canal radicular pode fornecer valioso panorama das condições clínicas. Os valores de VHN para os cimentos resinosos podem indicar indiretamente o seu grau de conversão, sendo útil para comparar o grau de conversão de um mesmo cimento resinoso submetidos a diferentes protocolos de fotoativação. No entanto, esses valores não podem ser extrapolados para as comparações feitas entre diferentes

cimentos resinosos (Ferracane, 1985). E é uma propriedade mecânica importante para os compósitos, uma vez que está diretamente relacionada com a VHN (Radovic et al., 2009), e indiretamente relacionadas com as tensões de polimerização (Goncalves et al., 2010). Considerando que VHN pode indiretamente indicar o grau de conversão de compósitos e E é indiretamente relacionado às tensões de polimerização, essas propriedades também são importantes para explicar os valores de resistência de união de cimentos resinosos usados para cimentação de pinos de fibra de vidro a dentina do canal radicular.

Todos os cimentos resinosos, independentemente do protocolo de fotoativação, apresentou redução dos valores de E , VHN e resistência de união do terço cervical para apical. Esses achados são semelhantes a estudo anterior que avaliou a resistência de união, VHN, E de cimento de presa dual após cimentação de pinos de fibra opacos (Radovic et al., 2009). Os pinos de fibra de vidros opacos utilizados nestes não transmitem luz ao longo de seu comprimento total (Faria e Silva et al., 2007; Radovic et al., 2009), o que poderia limitar a polimerização adequada dos cimentos resinosos nos terços médio e apical da raiz (Faria e Silva et al., 2007; Kim et al., 2009), resultando em menor resistência de união (Le Bell et al., 2004; Wang et al., 2008; Radovic et al., 2009; Zaitter et al., 2011), E e VHN nessas regiões (Radovic et al., 2009).

Maiores valores de resistência de união e VHN foram encontrados nos terços cervical e médio, quando comparado ao terço apical. Assim, a cimentação de pinos de fibra de vidro com grande extensão deve ser visto com cautela, uma vez que esta situação não é acompanhada por melhora na resistência à fratura (Santos-Filho et al., 2008; Chuang et al., 2010) e não muda o padrão de deformação dentária estrutura (Santos-Filho et al., 2008).

Os protocolos de fotoativação com espera de 3 e 5 minutos aumentaram os valores de E e VHN para cimentos resinosos auto-adesivos, mas não para cimentos resinosos convencionais. No entanto, estes protocolos aumentaram os valores de resistência de união para todos os cimentos resinosos avaliados (Figura 3). Levando em consideração que dureza e grau

de conversão de cimentos resinosos estão diretamente relacionados (Faria-e-Silva et al., 2011), pode-se supor que os cimentos resinosos RelyX ARC e Panavia F alcançaram grau de conversão semelhante quando fotoativados imediatamente ou após 3 ou 5 minutos. Estudos anteriores mostraram que os cimentos resinosos RelyX ARC (Faria-e-Silva et al., 2011; Pereira et al., 2011), e Panavia F (Pereira et al., 2011), não apresentam aumento no grau de conversão quando se aguarda 5 minutos antes da fotoativação. Embora não ocorra aumento no grau de conversão esperando-se 5 minutos, estes cimentos resinosos mostraram menor contração de polimerização (Faria-e-Silva et al., 2011). Menor contração de polimerização está diretamente relacionada com valores mais elevados de resistência de união (Goncalves et al., 2010), e o tempo de espera de 5 minutos não aumentou o grau de conversão de cimentos resinosos, porém reduziu a contração de polimerização para os cimentos Panavia F e RelyX ARC (Faria-e-Silva et al., 2011). Esses achados podem explicar os maiores valores de resistência de união encontrados com o protocolo de fotoativação após 5 minutos da manipulação dos cimentos.

Os maiores valores de resistência de união para os cimentos resinosos RelyXU100 e BisCem foram encontrados com a fotoativação após 5 minutos de espera o que pode estar diretamente relacionado com o aumento dos valores de VHN. Junto com o aumento dos valores de VHN, a fotoativação após 5 minutos aumentou também os valores de E para os cimentos resinosos RelyXU100e BisCem, estes achados estão diretamente relacionados com o aumento dos valores de resistência de união, uma vez que o aumento do E é acompanhado pela redução de contração de polimerização (Goncalves et al., 2010). Análise por elementos finitos seria útil para explicar estes resultados, utilizando para tal os valores de E para protocolos de fotoativação imediato, com 3 minutos e 5 minutos de espera, bem como os valores de contração de polimerização para estes protocolos para cada cimento resinoso.

O cimento resinoso RelyX U100 fotoativado após 5 minutos de sua manipulação apresentou os melhores resultados de resistência de união, VHN e E . Uma vez que a maioria das falhas do pino de fibra estão relacionados

com o deslocamento do mesmo (Ferrari et al., 2000; Ferrari et al., 2007a; Ferrari et al., 2007b; Signore et al., 2009). Os valores mais elevados de resistência de união obtidos com o protocolo de 5 minutos é um achado importante que pode reduzir a perda de retenção, como apresentado nos estudos clínicos (Ferrari et al., 2000; Ferrari et al., 2007a; Ferrari et al., 2007b; Signore et al., 2009). Os altos valores de resistência de união para o cimento resinoso RelyXU100 fotoativado após 5 minutos da manipulação pode ser atribuído ao aumento da *E* e VHN, uma vez que estes estavam diretamente relacionadas com a redução da tensão durante a polimerização (Goncalves et al., 2010) e maior grau de conversão (Faria-e-Silva et al., 2011), respectivamente.

Este estudo laboratorial apresenta como limitações o fato de ter sido realizado com dentes bovinos e ausência de envelhecimento térmico ou mecânico. Por se tratar de um estudo com necessidade de grande quantidade de dentes (N=156), a utilização de dentes bovinos é mais adequada para a seleção de dentes com idade, tamanhos e formatos similares, o que seria difícil de ser alcançado com dentes humanos. Apesar de serem testados dois cimentos resinosos auto-adesivos e convencionais seria interessante testar mais cimentos, bem como a realização de estudos clínicos para se verificar o comportamento biomecânico; sua interação com as estruturas dentais no meio oral e a durabilidade em função dos protocolos de cimentação.

Apesar dos fabricantes indicarem polimerização imediata dos cimentos resinosos ou após um curto espaço de tempo após sua manipulação, este estudo demonstra ser mais prudente aguardar um período maior para realizar-se a fotoativação de cimentos resinosos de dupla presa, sejam eles auto-adesivos ou convencionais.

7 – CONCLUSÃO

7- CONCLUSÃO

Dentro das limitações deste estudo laboratorial, pode-se concluir que:

1. A resistência de união de pinos de fibra de vidro a dentina radicular, módulo de elasticidade e microdureza Vickers da camada de cimento foram afetados pela região radicular, protocolo de fotoativação e tipo de cimento resinoso.
2. A resistência de união aumentou significativamente com o protocolo de fotoativação tardio apenas para todos os cimentos resinosos.
3. A maior resistência de união do pino de fibra de vidro foi obtida na região cervical, sendo que esta reduz significativamente na região apical.
4. Maiores valores de resistência de união foram observados para RelyX U100 associado com protocolo de fotoativação de 5 minutos.
5. A Microdureza Vickers e o módulo de elasticidade dos cimentos resinosos convencionais não foram influenciados pelo protocolo de fotoativação. Para cimentos resinosos autoadesivos estes valores aumentaram progressivamente com os protocolos de fotoativação de 3 e 5 minutos.

8 – REFERÊNCIAS

1. Bolhuis P, de Gee A, Feilzer A. Influence of fatigue loading on four post-and-core systems in maxillary premolars. **Quintessence Int.** 2004;35(8):657-67.
2. Ceballos L, Garrido MA, Fuentes V, Rodriguez J. Mechanical characterization of resin cements used for luting fiber posts by nanoindentation. **Dent Mater.** 2007;23(1):100-5.
3. Cecchin D, Farina AP, Souza MA, Carlini-Junior B, Ferraz CC. Effect of root canal sealers on bond strength of fibreglass posts cemented with self-adhesive resin cements. **Int Endod J.** 2011;44(4):314-20.
4. Chuang SF, Yaman P, Herrero A, Dennison JB, Chang CH. Influence of post material and length on endodontically treated incisors: an in vitro and finite element study. **J Prosthet Dent.** 2010;104(6):379-88.
5. D'Arcangelo C, D'Amario M, Prosperi GD, Cinelli M, Giannoni M, Caputi S. Effect of surface treatments on tensile bond strength and on morphology of quartz-fiber posts. **J Endod.** 2007;33(3):264-7.
6. de Sousa Menezes M, Queiroz EC, Soares PV, Faria-e-Silva AL, Soares CJ, Martins LR. Fiber post etching with hydrogen peroxide: effect of concentration and application time. **J Endod.** 2011;37(3):398-402.
7. Demiryurek EO, Kulunk S, Sarac D, Yuksel G, Bulucu B. Effect of different surface treatments on the push-out bond strength of fiber post to root canal dentin. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 2009;108(2):e74-80.
8. Demiryurek EO, Kulunk S, Yuksel G, Sarac D, Bulucu B. Effects of three canal sealers on bond strength of a fiber post. **J Endod.** 2011;36(3):497-501.
9. Faria-e-Silva A, Boaro L, Braga R, Piva E, Arias V, Martins L. Effect of immediate or delayed light activation on curing kinetics and shrinkage stress of dual-cure resin cements. **Oper Dent.** 2011;36(2):196-204.
10. Faria e Silva AL, Arias VG, Soares LE, Martin AA, Martins LR. Influence of fiber-post translucency on the degree of conversion of a dual-cured resin cement. **J Endod.** 2007;33(3):303-5.
11. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. **Dent Mater.** 1985;1(1):11-4.

12. Ferrari M, Cagidiaco MC, Goracci C, Vichi A, Mason PN, Radovic I, et al. Long-term retrospective study of the clinical performance of fiber posts. **Am J Dent.** 2007a;20(5):287-91.
13. Ferrari M, Cagidiaco MC, Grandini S, De Sanctis M, Goracci C. Post placement affects survival of endodontically treated premolars. **J Dent Res.** 2007b;86(8):729-34.
14. Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Mason PN. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. **Am J Dent.** 2000;13(Spec No):9B-13B.
15. Giachetti L, Grandini S, Calamai P, Fantini G, Scaminaci Russo D. Translucent fiber post cementation using light- and dual-curing adhesive techniques and a self-adhesive material: push-out test. **J Dent.** 2009;37(8):638-42.
16. Goncalves F, Kawano Y, Braga RR. Contraction stress related to composite inorganic content. **Dent Mater.** 2010;26(7):704-9.
17. Goracci C, Raffaelli O, Monticelli F, Balleri B, Bertelli E, Ferrari M. The adhesion between prefabricated FRC posts and composite resin cores: microtensile bond strength with and without post-silanization. **Dent Mater.** 2005;21(5):437-44.
18. Ho YC, Lai YL, Chou IC, Yang SF, Lee SY. Effects of light attenuation by fibre posts on polymerization of a dual-cured resin cement and microleakage of post-restored teeth. **J Dent.** 2011;39(4):309-15.
19. Kim YK, Kim SK, Kim KH, Kwon TY. Degree of conversion of dual-cured resin cement light-cured through three fibre posts within human root canals: an ex vivo study. **Int Endod J.** 2009;42(8):667-74.
20. Le Bell AM, Tanner J, Lassila LV, Kangasniemi I, Vallittu P. Bonding of composite resin luting cement to fiber-reinforced composite root canal posts. **J Adhes Dent.** 2004;6(4):319-25.
21. Leitune VC, Collares FM, Werner Samuel SM. Influence of chlorhexidine application at longitudinal push-out bond strength of fiber posts. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 2011;110(5):e77-81.
22. Malyk Y, Kaaden C, Hickel R, Ilie N. Analysis of resin tags formation in root canal dentine: a cross sectional study. **Int Endod J.** 2011;43(1):47-56.

23. Mazzitelli C, Monticelli F, Toledano M, Ferrari M, Osorio R. Dentin treatment effects on the bonding performance of self-adhesive resin cements. **Eur J Oral Sci.** 2011;118(1):80-6.
24. Menezes MS, Queiroz EC, Campos RE, Martins LR, Soares CJ. Influence of endodontic sealer cement on fibreglass post bond strength to root dentine. **Int Endod J.** 2008;41(6):476-84.
25. Moraes RR, Faria-e-Silva AL, Ogliari FA, Correr-Sobrinho L, Demarco FF, Piva E. Impact of immediate and delayed light activation on self-polymerization of dual-cured dental resin luting agents. **Acta Biomater.** 2009;5(6):2095-100.
26. Pedreira AP, Pegoraro LF, de Goes MF, Pegoraro TA, Carvalho RM. Microhardness of resin cements in the intraradicular environment: effects of water storage and softening treatment. **Dent Mater.** 2009;25(7):868-76.
27. Perdigao J, Gomes G, Lee IK. The effect of silane on the bond strengths of fiber posts. **Dent Mater.** 2006;22(8):752-8.
28. Pereira SG, Fulgencio R, Nunes TG, Toledano M, Osorio R, Carvalho RM. Effect of curing protocol on the polymerization of dual-cured resin cements. **Dent Mater.** 2011;26(7):710-8.
29. Pisani-Proenca J, Erhardt MC, Amaral R, Valandro LF, Bottino MA, Del Castillo-Salmeron R. Influence of different surface conditioning protocols on microtensile bond strength of self-adhesive resin cements to dentin. **J Prosthet Dent.** 2011;105(4):227-35.
30. Prisco D, De Santis R, Mollica F, Ambrosio L, Rengo S, Nicolais L. Fiber post adhesion to resin luting cements in the restoration of endodontically-treated teeth. **Oper Dent.** 2003;28(5):515-21.
31. Radovic I, Corciolani G, Magni E, Krstanovic G, Pavlovic V, Vulicevic ZR, et al. Light transmission through fiber post: the effect on adhesion, elastic modulus and hardness of dual-cure resin cement. **Dent Mater.** 2009;25(7):837-44.
32. Santos-Filho PC, Castro CG, Silva GR, Campos RE, Soares CJ. Effects of post system and length on the strain and fracture resistance of root filled bovine teeth. **Int Endod J.** 2008;41(6):493-501.

33. Shafiei F, Memarpour M. Effect of chlorhexidine application on long-term shear bond strength of resin cements to dentin. **J Prosthodont Res.** 2011;54(4):153-8.
34. 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.
35. Soares PV, Santos-Filho PC, Martins LR, Soares CJ. Influence of restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary premolars. Part I: fracture resistance and fracture mode. **J Prosthet Dent.** 2008a;99(1):30-7.
36. Soares PV, Santos-Filho PC, Queiroz EC, Araujo TC, Campos RE, Araujo CA, et al. Fracture resistance and stress distribution in endodontically treated maxillary premolars restored with composite resin. **J Prosthodont.** 2008b;17(2):114-9.
37. Vano M, Cury AH, Goracci C, Chieffi N, Gabriele M, Tay FR, et al. Retention of fiber posts cemented at different time intervals in canals obturated using an epoxy resin sealer. **J Dent.** 2008;36(10):801-7.
38. Vrochari AD, Eliades G, Hellwig E, Wrbas KT. Curing efficiency of four self-etching, self-adhesive resin cements. **Dent Mater.** 2009;25(9):1104-8.
39. Wang VJ, Chen YM, Yip KH, Smales RJ, Meng QF, Chen L. Effect of two fiber post types and two luting cement systems on regional post retention using the push-out test. **Dent Mater.** 2008;24(3):372-7.
40. Zaitter S, Sousa-Neto MD, Roperto RC, Silva-Sousa YT, El-Mowafy O. Microtensile bond strength of glass fiber posts cemented with self-adhesive and self-etching resin cements. **J Adhes Dent.** 2011;13(1):55-9.
41. Zhang L, Huang L, Xiong Y, Fang M, Chen JH, Ferrari M. Effect of post-space treatment on retention of fiber posts in different root regions using two self-etching systems. **Eur J Oral Sci.** 2008;116(3):280-6.