

CELSO DE FREITAS PEDROSA FILHO
CIRURGIÃO – DENTISTA

Influência do reembasamento com resina composta na resistência à extrusão de retentores intra-radiculares de fibra de vidro

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, como requisito para obtenção do título de Doutor em Clínica Odontológica, área de concentração em Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Luís Roberto Marcondes Martins

Piracicaba
2006

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**
Bibliotecário: Marilene Girello – CRB-8ª. / 6159

P343i Pedrosa Filho, Celso de Freitas.
Influência do reembasamento com resina composta na resistência à extrusão de retentores intra-radiculares de fibra de vidro. / Celso de Freitas Pedrosa Filho. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2006.

Orientador: Luís Roberto Marcondes Martins.
Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Resistência ao cisalhamento. 2. Cimentação. 3. Fricção. 4. Dente não vital. 5. Técnica para retentor intra-radicular. I. Martins, Luís Roberto Marcondes. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

(mg/fop)

Título em Inglês: Influence of resin composite relining on the extrusion strength of intraradicular fiber glass posts

Palavras-chave em Inglês (Keywords): 1. Shear strength. 2. Cementation. 3. Friction. 4. Tooth, nonvital. 5. Post and core technique

Área de Concentração: Dentística

Titulação: Doutor em Clínica Odontológica

Banca Examinadora: Luís Roberto Marcondes Martins, Jacy Ribeiro de Carvalho Júnior, Lawrence Gonzaga Lopes, Mauro Antonio de Arruda Nóbilo, Flávio Henrique Baggio Aguiar

Data da Defesa: 24-11-2006

Programa de Pós-Graduação: Clínica Odontológica



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de DOUTORADO, em sessão pública realizada em 24 de Novembro de 2006, considerou o candidato CELSO DE FREITAS PEDROSA FILHO aprovado.

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Luis Roberto Marcondes Martins".

PROF. DR. LUIS ROBERTO MARCONDES MARTINS

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Jacy Ribeiro de Carvalho Júnior".

PROF. DR. JACY RIBEIRO DE CARVALHO JÚNIOR

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Lawrence Gonzaga Lopes".

PROF. DR. LAWRENCE GONZAGA LOPES

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Mauro Antonio de Arruda Nóbilo".

PROF. DR. MAURO ANTONIO DE ARRUDA NÓBILO

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Flávio Henrique Baggio Aguiar".

PROF. DR. FLÁVIO HENRIQUE BAGGIO AGUIAR

DEDICATÓRIA

A Deus,

Pai eterno, que em todo momento nos abençoa com sua infinita sabedoria e amor. Obrigado pelas bênçãos de saúde e paz, da família, dos amigos, e principalmente pela vida. Obrigado por estar sempre presente em meu caminho.

Aos meus amados pais, Celso e Regina Célia,

eternos exemplos de vida, dedicação e amor, não medindo esforços para que seus filhos possam estar sempre em busca da conquista de seus sonhos. Obrigado pelo apoio, amor e carinho que sempre tiveram comigo e por acreditarem em mim. Dedico todas minhas conquistas até hoje e futuras a vocês.

A minha amada, Daniele,

que está presente em todos os momentos, sempre me apoiando com seu amor, carinho e compreensão, vibrando com cada vitória. Seu apoio foi imprescindível para completar mais esta etapa. Obrigado.

Às minhas irmãs, Viviane e Maria Angélica,

que sempre me apoiaram com sua amizade, cuidado e carinho. Sinto-me um privilegiado por ter vocês ao meu lado, que junto comigo, vibram a cada etapa conquistada em minha vida.

A minha querida avó, Roselmira,

sempre presente em todos os momentos, compartilhando comigo as felicidades alcançadas ao longo de minha vida.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao Prof. Dr. Luís Roberto Marcondes Martins,

por acreditar em mim. Agradeço o constante apoio e orientação profissional, ensinamento este que carrego comigo sempre e que foi sedimentado não só pela sua forma especial de orientar e seu brilhantismo profissional, mas também pelo humanismo e a amizade. Agradeço seu apoio, orientação e, acima de tudo, agradeço sua amizade.

Ao Prof. Dr. Sérgio de Freitas Pedrosa,

que através do seu incentivo, confiança, apoio e amizade, me auxiliou na escala de mais este importante degrau em minha vida, sempre me apoiando e ensinando.

AGRADECIMENTOS

- À Faculdade de Odontologia de Piracicaba – Universidade Estadual de Campinas, em nome de sua Diretoria e Coordenadoria de Pós-Graduação.
- Aos professores da Área de Dentística da FOP-UNICAMP, pela sua dedicação e conhecimentos transmitidos.
- Aos professores Alexandre Augusto Zaia, Lourenço Correr Sobrinho e Wilkens Aurélio Buarque e Silva pelas contribuições e conhecimentos transmitidos durante exame de qualificação.
- Aos amigos da Universidade Católica de Brasília, que durante todo este tempo me apoiaram e, muitas vezes, fizeram grandes esforços para poder me cobrir enquanto estava fora. A vocês meu muito obrigado.
- Ao amigo André Luís Faria e Silva pela colaboração e contribuição imprescindíveis à conclusão deste trabalho.
- Aos colegas e amigos da Área de Dentística pelo companheirismo, amizade e pelo convívio durante todo este tempo.
- Aos funcionários da Dentística, Fernanda e Pedro, por serem sempre solícitos e dispostos a ajudar.
- Ao engenheiro Marcos Blanco Cangiani, técnico do Laboratório de Materiais Dentários pela ajuda e colaboração durante a execução deste trabalho.
- Ao cirurgião-dentista Guilherme Saraiva pela contribuição durante a execução deste trabalho.
- Aos meus amigos de Uberlândia e Brasília, que mesmo à distância torcem por mim e estão sempre presentes em minha vida.

RESUMO

Neste estudo avaliou-se a resistência ao cisalhamento por extrusão de pinos de fibra de vidro, reembasados ou não com compósito, cimentados com cimento resinoso em dentina intra-radicular, avaliando os segmentos cervical, médio e apical. Selecionaram-se 20 incisivos bovinos com dimensões semelhantes, removendo a porção coronária, padronizando o comprimento das raízes em 16 mm. Após, incluiu-se as raízes em resina acrílica, realizando tratamento endodôntico e, então o preparo dos espaços para os pinos, dividindo-as, em seguida, aleatoriamente em dois grupos com dez amostras cada. Os elementos do grupo 1 receberam pinos de fibra de vidro somente cimentados, e do grupo 2 pinos de fibra de vidro reembasados com compósito e posteriormente cimentados. Ao término dos procedimentos de cimentação, realizou-se a secção dos segmentos radiculares, submetendo, então, os corpos-de-prova ao teste push-out em máquina de ensaios universal, através de ponta ativa cilíndrica com 1 mm de diâmetro, à velocidade de 0,5 mm/min, até extrusão do retentor. Obteve-se os seguintes valores médios de resistência de união, em MPa: grupo 1, terços cervical = $6,24 \pm 2,68(b)$, médio = $4,27 \pm 2,00(b)$ e apical = $4,46 \pm 2,82(b)$; grupo 2, terços cervical = $11,83 \pm 1,69(a)$, médio = $11,81 \pm 3,86(a)$ e apical = $10,39 \pm 2,44(a)$. Submeteram-se os valores à análise de variância e ao teste de Tukey com nível de significância de 5%, indicadas acima através de letras diferentes. Os pinos de fibra de vidro reembasados com compósito apresentaram valores estatisticamente superiores de união em todos os segmentos radiculares quando comparados com pinos somente cimentados. Observou-se também a ausência de diferença significativa entre os terços radiculares avaliados para cada grupo distintamente. Os resultados demonstraram que a técnica de reembasamento mostrou-se efetiva em melhorar a retenção do pino de fibra de vidro estudado.

Palavras-chave: técnica para retentor intra-radicular, pinos de fibra de vidro, resistência ao cisalhamento, teste push-out, cimentação de pinos.

ABSTRACT

This study evaluated the bond strength of fiber posts, relined or not with composite resin, luted with resinous cement to radicular dentin, evaluating cervical, median and apical root segments. Twenty bovine incisors, with similar dimensions, were selected and cut 16 mm from the apical limit. The roots were embedded in acrylic resin and the radicular canals were root treated and post space prepared with a depth of 9 mm. Samples were randomly assigned to two groups of ten roots each. Group 1 received glass fiber posts (Fibrekor) luted with dual-cure resin cement (RelyX ARC) in association with a bonding system (Adper Single Bond). In Group 2 the same type of posts were relined with composite (P-60) for further cementation with the same materials used in Group 1. After cementation procedures roots were sectioned transversally and three sections, from cervical, medium and apical thirds were obtained. Push-out test was performed in a universal testing machine with a 1 mm diameter steel rod at cross-head speed of 0,5 mm/min until post extrusion. Collected data was statistically analyzed by two-way ANOVA and Tukey HSD test ($p < 0,05$). The measured retention strengths for cervical, medium and apical thirds were: Group 1, $6.24 \pm 2.68(b)$, $4.27 \pm 2.00(b)$ and $4.46 \pm 2.82(b)$; Group 2, $11.83 \pm 1.69(a)$, $11.81 \pm 3.86(a)$ and $10.39 \pm 2.44(a)$. Glass fiber composite relined posts presented statistically higher retention values in cervical, medium and apical thirds when compared to non-relined posts. Within each group, no differences were found among radicular thirds. The results indicate that the tested technique showed effective improvement of glass fiber post retention strength.

Keywords: post and core technique, fiber glass posts, shear bond strength, push-out test, posts cementation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	5
3. PROPOSIÇÃO	53
4. MATERIAIS E MÉTODO	55
4.1. MATERIAIS	55
4.2. MÉTODO	55
4.2.1. Delineamento experimental	55
4.2.2. Seleção e preparo das raízes	55
4.2.3. Inclusão das raízes	57
4.2.4. Tratamento endodôntico	58
4.2.5. Preparo dos canais radiculares	58
4.2.6. Divisão dos grupos experimentais	59
4.2.7. Cimentação dos retentores intra-radiculares	60
4.2.7.1. Grupo 1	60
4.2.7.2. Grupo 2	62
4.2.8. Secção das raízes	66
4.2.9. Ensaio mecânico <i>push-out</i>	67
4.2.10. Microscopia eletrônica de varredura	69
5. RESULTADOS	71
5.1. Ensaio mecânico <i>push-out</i>	71
5.2. Microscopia eletrônica de varredura	75
6. DISCUSSÃO	83
7. CONCLUSÃO	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
ANEXOS	103

1. INTRODUÇÃO

A demanda pela odontologia estética tem promovido constante desenvolvimento dos materiais dentários bem como das técnicas restauradoras (Pizi, 2003). Conseqüentemente existe uma crescente demanda por restaurações livres de metal, bem como pinos intra-radulares e núcleos que não interfiram no resultado estético final (Keyf & Sahin, 1994; Newman et al, 2003).

Dentes com grande perda de estrutura dentária comumente necessitam de tratamento endodôntico, o que leva à necessidade, normalmente, da utilização de pinos intra-radulares e núcleos de preenchimento para reter a restauração final (Ferrari *et al.*, 2000b; Barnabé, 2003; Iglesia-Puig & Arellano-Cabornero, 2004). A associação de núcleos de resina compostas e retentores intra-radulares pode resultar em uma dentina artificial (Martins, 1995), promovendo substrato adequado para receber restaurações indiretas (Soares *et al.*, 2005). Este conjunto torna-se, desta forma, uma alternativa para reabilitar raízes debilitadas severamente danificadas por cáries, trauma, problemas congênitos e reabsorção interna (Martins, 1995; Newman *et al.*, 2003).

Diversos estudos demonstraram a influência dos pinos intra-radulares na retenção (Drummond, 2000; Ferrari *et al.*, 2000b; Goracci *et al.*, 2005a), e existem diferentes parâmetros a serem considerados para sua correta seleção, uma vez que sua resistência, capacidade de adesão ao cimento (Soares *et al.*, 2005), formato (Sen *et al.*, 2004), comprimento e diâmetro (Holmes *et al.*, 1996), estrutura superficial, material e tratamento superficial são fatores que afetam diretamente a retenção (Sahafi *et al.*, 2004a).

Por muito tempo utilizaram-se mais os núcleos metálicos fundidos como meio de retenção (Pizi, 2003), entretanto a literatura demonstra algumas limitações associadas com esta técnica (Vichi *et al.*, 2002b; Barnabé, 2003; Mitsui *et al.*, 2004). Inicialmente, como alternativa aos pinos fundidos, foram indicados os pinos pré-fabricados de confecção direta de aço inoxidável e titânio (Stockton,

1999). Em seguida, os pinos de zircônia (Akkayan & Gülmez, 2002) e fibras de carbono (Grandini *et al.*, 2005a) passaram a ser indicados, e, mais recentemente, os pinos de fibras de vidro (Asmussen *et al.*, 1999) em associação com cimentos adesivos e núcleos de ionômero de vidro e, principalmente, resina composta (Mannocci *et al.*, 1999; Schwartz & Robbins, 2004; Cordeiro, 2003).

Outro elemento que tem papel importante na retenção de pinos intraradiculares são os cimentos utilizados (Purton & Payne, 1996; Love & Purton, 1998; Varela *et al.*, 2003), e o efeito destes na retenção dos pinos é influenciado pela sua resistência (Mendoza & Eakle, 1994), aderência ao pino e paredes dentinárias (Chan *et al.*, 1993; Mezzomo *et al.*, 2003; Sahafi *et al.*, 2004a), e espessura da linha de cimentação (Grandini *et al.*, 2005b).

A perda de retenção de pinos de fibra de vidro é o tipo de falha mais freqüentemente observado (Ferrari *et al.*, 2000b). Esta retenção do pino no canal radicular é crítica para ancoragem bem sucedida da restauração coronária e sua adaptação às paredes do canal também representa importante elemento na performance biomecânica da restauração (Iglesia-Puig & Arellano-Cabornero, 2004). Esta retenção também é influenciada por diversos fatores relacionados ao pino, cimento e interação da dentina-cimento e cimento-pino (Sahafi *et al.*, 2004b; Grandini *et al.*, 2005c). Se o pino selecionado adapta-se às paredes ou à conformação e tamanho do canal, esta pode ser uma opção mais conservadora, pois menos dentina sadia será removida, melhorando a resistência à fratura bem como a retenção do pino (Fernandes *et al.*, 2003), pois existirá a associação da retenção química com embricamento mecânico das superfícies radiculares e do retentor.

Quando não existe adequada adaptação do pino, a linha de cimentação torna-se muito espessa, o que pode levar à formação de bolhas e falhas, que predispõe à falha de união (Grandini *et al.*, 2005b). Outro aspecto desta espessura aumentada é o maior volume de cimento, que além de possuir propriedades mecânicas inferiores, pode gerar maior contração de polimerização e conseqüentemente uma maior incidência de tensões na interface de união.

Para melhorar a retenção e diminuir a linha de cimentação, o procedimento mais comumente utilizado é a seleção de pino com diâmetro e forma que mais se adapte ao canal, ou a realização de preparo das paredes deste conduto para adaptá-lo, principalmente no terço apical. Atualmente, tem-se buscado novas técnicas que visem estes objetivos preservando mais estrutura dentária (Cailleteau *et al.*, 1992; Lui, 1994; Grandini *et al.*, 2003; Schwartz & Robbins, 2004), bem como melhorando os aspectos mecânicos do sistema. Entre elas, a técnica do reembasamento com resina composta mostra-se mais promissora, pois cria um retentor individualizado, melhorando sua adaptação (Grandini *et al.*, 2003; Velmurugan & Parameswaran, 2004), que traz como consequência melhor embricamento mecânico e diminuição da linha de cimentação (Pizi, 2003; Grandini *et al.*, 2005b).

Assim, com o crescente uso dos pinos estéticos, torna-se imperativo buscar técnicas e materiais que proporcionem reabilitações estéticas e funcionais (Kimmel, 2000), através da melhora das propriedades físicas e mecânicas de todo o sistema de retenção. Por este motivo, e pelo fato da proposta de melhora da retenção através da técnica de reembasamento com resina composta ser bastante recente, e conseqüentemente, poucos estudos estarem disponíveis na literatura, buscou-se avaliar, neste estudo, a capacidade de melhora da retenção de pinos de fibra de vidro através do reembasamento com compósito. Desta forma, podendo contribuir com a comprovação científica da efetividade da técnica, e conseqüentemente, mais uma opção de tratamento.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Observando o crescimento da utilização de cimentos resinosos para ancoragem de pinos endodônticos, Liberman *et al.*, em 1989, avaliaram o efeito de tratamentos superficiais em dentina em relação à retenção de pinos intraradiculares pré-fabricados. Realizaram ensaio mecânico do tipo *pull-out* e os resultados mostraram que a utilização de tratamento superficial da dentina com sistemas adesivos aumentou significativamente a retenção dos pinos fixados com cimento resinoso. Os autores afirmam que a retenção de um pino depende de sua forma, comprimento no interior do conduto, característica superficial, tipo de cimento utilizado e a superfície dentinária disponível no canal preparado.

Cailleteau *et al.*, em 1992, utilizaram o método de elementos finitos para determinar os efeitos da distribuição de tensões de um pino metálico cilíndrico ao longo das paredes do canal radicular. Utilizaram quatro modelos bidimensionais de incisivos centrais superiores, incluindo ligamento periodontal e osso alveolar: o primeiro modelo representava dente intacto; o segundo, dente desvitalizado restaurado com amálgama; o terceiro, dente com coroa total; e o último, dente com pino e coroa total. Consideraram como isotrópicos os materiais que compuseram os modelos, ou seja, possuíam as mesmas propriedades, independente da direção de aplicação da carga. Submeteram cada modelo à força de 1N na superfície lingual do dente. Os resultados mostraram flutuação de tensões nas paredes dos canais de todos os modelos, o que significa que o pino não distribui as tensões uniformemente ao longo da raiz. Para o modelo com pino de extremidade paralela, a força de compressão gerou alta concentração de tensões junto ao seu término apical.

Chan *et al.* realizaram estudo laboratorial em 1993 visando comparar a retenção de pinos pré-fabricados em canais estreitos e amplos com intuito de verificar se a adaptação do pino às paredes do conduto influenciava sua retenção.

Para isso, selecionaram 83 dentes humanos uniradiculares que receberam preparos para cimentação de pinos de aço inoxidável, Parapost Plus (Whaledent), utilizando cimentos de fosfato de zinco, de policarboxilato de zinco, de ionômero de vidro e resinoso. Realizaram ensaio mecânico do tipo *pull-out*, e os resultados obtidos mostraram que pinos fixados com cimento resinoso apresentaram resistência ao deslocamento significativamente superior aos demais para os dois tipos de preparo, e que em canais amplos, todos os cimentos obtiveram resultados superiores aos condutos estreitos. Os autores enumeram algumas variáveis que devem ser levadas em conta ao se analisar a retenção de pinos intra-radulares como diferenças estruturais da dentina devido à idade do paciente, grau de umidade dentinária no conduto, ensaio mecânico utilizado, inclusão de bolhas durante a cimentação, controle do posicionamento idêntico de todos os pinos cimentados visando uma linha de cimentação uniforme. Afirmaram também que a resistência à compressão não é um fator exato para determinar a predisposição retentiva de cimentos em situações onde existe boa adaptação do pino às paredes do canal radicular.

Buscando comparar a retenção e estabilidade de pinos intra-radulares, Keyf & Sahin (1994) avaliaram três sistemas de retentores pré-fabricados, Flexi-Post, Parapost e Brassler, variando seus diâmetros. Selecionaram 42 raízes de incisivos superiores, que receberam tratamento endodôntico. Cimentaram os diferentes pinos com cimento de fosfato de zinco para então realizarem os testes. Na primeira etapa do estudo, aplicaram força de tração no sentido do longo eixo dos pinos, com velocidade de 1 mm por minuto até deslocá-los. Em uma segunda etapa, aplicaram força de compressão em ângulo de 130°, à velocidade de 5 mm por minuto. Analisaram estatisticamente os resultados obtidos, observando que para os diâmetros menores dos pinos não houve diferença na resistência à tração. Encontraram diferenças entre os grupos com diâmetros médio e largo, onde o pino Flexi-Post de tamanho intermediário apresentou-se duas vezes mais retentivos que os demais. Quando aplicada carga tangencial de compressão, este pino também se demonstrou mais estável que os

demais, quando comparados aos preparos de menor diâmetro. Para os maiores diâmetros, não encontraram diferenças significativas entre os grupos estudados.

Defende-se que as resinas compostas podem ser utilizadas como material de reforço para reconstrução de dentes tratados endodonticamente bastante destruídos e com canais amplos. No entanto, o controle de uma resina autopolimerizável é difícil, pois esta polimeriza rapidamente no interior do canal radicular. Por outro lado, os compósitos fotopolimerizáveis são mais fáceis de trabalhar, mas sua polimerização pode ser problemática nas regiões mais profundas do conduto. Observando isto, Lui (1994) relatou uma técnica para reforçar canais amplamente destruídos com resina composta utilizando pinos plásticos transmissores de luz, que permitem a condução da luz ao longo deste proporcionando, desta forma, a polimerização mesmo em regiões mais profundas, possibilitando a reconstrução e reforço de raízes enfraquecidas. O autor também ressalta que ao mesmo tempo em que este tipo de pino permite a polimerização desta resina composta, este forma um espaço ideal para posterior cimentação de retentor intra-radicular que se adapta intimamente ao espaço criado.

Em 1994, Mendoza & Eakle avaliaram a capacidade retentiva pinos de fibra de vidro utilizando quatro diferentes agentes de cimentação unidos ao canal radicular. Utilizaram sessenta caninos superiores, divididos em quatro grupos de quinze amostras, sendo cada grupo restaurado com um tipo de cimento: C & B Metabond, Panavia, All-Bond 2 e Ketac-Cem. Realizaram testes de tração, e estes indicaram que o cimento C & B Metabond apresentou-se significativamente mais retentivo que os demais. Não encontraram diferenças entre Panavia e All Bond, sendo o último inferior ao Ketac-Cem. Os autores citam que a função primária do pino é retenção ao núcleo, o que sugere a utilização de cimentos com maior capacidade retentiva. Enfatizam em sua discussão que os cimentos de fosfato de zinco têm sido utilizado durante muitos anos, mas cimentos resinosos têm sido advogados por sua união aos metais e estrutura dental ser superior aos demais cimentos. Reforçam a idéia de que o pino deve ser indicado onde a retenção seja fator crucial para sucesso da restauração. Criticam cimentos resinosos em virtude

do excesso de passos e pelo reduzido tempo de trabalho, que pode evitar o correto assentamento do pino. Recomendam a utilização de um cimento resinoso em casos de maior destruição coronária, onde é requerida retenção máxima, e relatam que se consegue a otimização da microrretenção mecânica através da aplicação de ácido e sistema adesivo na dentina previamente ao cimento.

A restauração de dentes severamente destruídos e endodonticamente tratados tornou-se procedimento comum, especialmente com uso de retentores intra-radiculares. Seguindo esta linha de pesquisa, Leary *et al.*, em 1995, realizaram estudo avaliando a resistência de união de três cimentos. Para isso, selecionaram quarenta incisivos centrais superiores humanos divididos em quatro grupos com dez elementos cada, removendo, então, as coroas e padronizando o comprimento das raízes em 14 mm. Para cada grupo, realizaram-se os seguintes tratamentos: cimento resinoso (Comspan) associado ao sistema adesivo Gluma, Comspan sem a associação ao Gluma, cimento de fosfato de zinco e cimento de ionômero de vidro, todos utilizados para cimentar núcleos metálicos fundidos. Realizou-se ensaio mecânico do tipo *pull-out* e analisaram estatisticamente os dados coletados. Os autores puderam concluir que dentre os cimentos estudados, o cimento resinoso associado ao sistema adesivo proporcionou melhora na retenção e diminuição da variabilidade dos resultados, ao mesmo tempo em que aumentou a resistência ao deslocamento.

A preservação de raízes debilitadas através do preenchimento do conduto radicular com materiais adesivos mostra-se bastante promissora em estudos disponíveis na literatura. Em face disto, Martins (1995) realizou estudo objetivando avaliar a resistência à fratura de raízes debilitadas preenchidas com materiais adesivos, empregando-se dentes humanos uniradiculares com núcleos metálicos fundidos cimentados, analisando-se os seguintes grupos: preparo convencional (controle positivo), raízes debilitadas (controle negativo), raízes preenchidas com ionômeros de vidro químicos (Chelon-Silver e Ketac-Bond), raízes preenchidas com ionômero fotoativado (Vitremmer) e raízes preenchidas com sistemas adesivos associados a compósitos (Herculite XRV e Z100). Após

remoção da coroa clínica dos dentes, prepararam-se as raízes para receberem os devidos tratamentos, seguindo-se com a confecção dos padrões em resina acrílica para posterior inclusão e fundição destes em liga de Cu-Al. Cimentaram-se os núcleos, realizando, então, ensaio mecânico de compressão em máquina de ensaios universal até ruptura da raiz, sendo os resultados obtidos coletados e analisados estatisticamente. Concluiu-se que dentre os materiais testados, o compósito Z100 obteve melhor desempenho que todos os demais, inclusive em relação ao controle positivo. O ionômero de vidro vitremer, o compósito Herculite XRV e o Chelon-Silver apresentaram resultados semelhantes entre si e ao controle positivo. Já o cimento de ionômero de vidro Ketac-Bond apresentou comportamento inferior em relação a todos os outros grupos, exceto ao controle negativo.

Através de um modelo tridimensional para análise de elementos finitos, Holmes *et al.* (1996) estudaram a influência das dimensões dos pinos intraradiculares na distribuição de tensões sobre a dentina em dentes não vitais. Desenharam um dente para representar um canino superior, restaurado utilizando diferentes tipos de pinos metálicos pré-fabricados, núcleo e prótese metalocerâmica. O modelo padrão apresentava pino paralelo com 1,4 mm de diâmetro e 13 mm de comprimento. Realizaram modificações nas dimensões e forma dos pinos, simulando pinos mais largos ou estreitos e paralelos ou cônicos. Para cada modelo gerado, simularam aplicação de carga de 100 N em ângulo de 45° em relação ao longo eixo do dente, por vestibular. Computaram as resistências à compressão, tração e cisalhamento e com base nos resultados obtidos observaram que a distribuição das forças de tensão e compressão apresentaram-se semelhantes em todos os casos. A máxima força de tração localizava-se na face lingual, próxima à crista óssea, enquanto que se detectou a máxima força de compressão na face vestibular das raízes. A máxima força de cisalhamento ocorreu adjacente ao pino, sendo similar em todos os modelos gerados. Os resultados também mostraram que quanto mais se reduzia o comprimento dos pinos, mais se elevava a força de cisalhamento. Os autores não detectaram

diferença entre a distribuição de cargas quando compararam os pinos paralelos e cônicos.

No ano de 1996, Purton & Payne verificaram que fibras de reforço poderiam ser utilizadas em diversos campos da odontologia, e que o sistema Composipost (RTD), composto de fibras de carbono unidirecionais de 8 μm embebidas em matriz epóxica, poderia ser uma boa alternativa em substituição aos pinos metálicos. Pelo fato do sistema apresentar composição de 64% em peso de fibras e o restante ser material resinoso, apresenta vantagem de se unir facilmente ao núcleo em compósito e aos agentes de cimentação resinosos, baseados em Bis-GMA. A partir destes conhecimentos, os autores compararam a resistência à flexão de pinos de carbono Composipost com 1,4 mm de diâmetro e pinos de aço inoxidável Parapost com 1,25 mm, quando reconstruídos com resina composta Ti-Core. Os resultados mostraram que os pinos de carbono apresentaram resistência à flexão de 319 GPa, sendo estatisticamente superior aos pinos de aço com 213 GPa. Verificaram, também, que a adesão do compósito aos pinos de aço ($65,6 \pm 15,6$ kg) mostrou-se estatisticamente superior à dos pinos de carbono ($38,9 \pm 12,1$ kg).

Saupe *et al.*, em 1996, estudaram o comportamento de dois diferentes sistemas de pinos/núcleos metálicos fundidos cimentados em dentes tratados endodonticamente com paredes radiculares estruturalmente comprometidas. Para o primeiro sistema, cimentaram os pinos diretamente sobre as paredes enfraquecidas. No segundo sistema, realizaram reforço do conduto radicular com resina composta antes da confecção do pino. Também investigaram se a realização de abraçamento dentinário pela coroa, com 2 mm, apresentava significância na resistência à fratura da restauração final. Confeccionaram todos os núcleos em ouro e fixaram estes utilizando cimento resinoso (Enforce). Realizaram, então, ciclagem térmica e posteriormente incluíram estas raízes em cilindros de resina acrílica com simulação de ligamento periodontal. Submeteram as amostras ao teste de resistência à fratura e observaram que a maioria das falhas, mais que 80%, ocorreram devido à fratura radicular. Observaram também que houve aumento significativo da

resistência de raízes reforçadas com compósito. Outro ponto apurado pelos autores mostra que não existiram diferenças com relação à presença ou não de abraçamento dentinário entre raízes com reforço com resina composta.

Em 1996, Patierno *et al.* avaliaram a resistência de união da resina composta Herculite XRV, associada ao sistema adesivo de polimerização dual Optibond, à dentina do terço cervical do canal radicular de incisivos bovinos, utilizando técnica de aplicação de compósito direta e indireta. Realizaram secção transversal do terço radicular cervical com 4 mm de espessura. Ampliaram o diâmetro do canal radicular, padronizando preparo com formato cônico, tratando, então, a superfície dentinária com sistema adesivo e preenchendo o conduto com resina composta fotopolimerizável tanto pela técnica direta, de forma incremental, quanto pela forma indireta, através da fixação de *inlays* pré-polimerizadas. Realizaram teste *push-out*, e encontraram valores de retenção de $8,5 \pm 2,7$ MPa para o grupo de compósito aplicado indiretamente, que foram significativamente superiores ao grupo de resinas compostas aplicadas diretamente, que obtiveram valores de $5,0 \pm 1,9$ MPa. Avaliaram, também, as amostras em microscopia eletrônica de varredura, e observaram que a técnica indireta mostrou maior densidade e comprimento dos *tags* de resina quando comparada à técnica direta, fato este que poderia ser explicado pela maior pressão hidráulica contra as paredes radiculares impregnadas pelo sistema adesivo. Concluíram que o uso da técnica indireta proporciona aumento da retenção de compósitos em dentina radicular tratada com sistema adesivo.

O objetivo do trabalho realizado por Wakefield *et al.* em 1998, foi utilizar o teste *push-out* para comparar a resistência ao cisalhamento de seis adesivos dentinários à dentina superficial e profunda após o armazenamento em água por 24 horas e 6 meses. Incluíram os dentes em resina acrílica, armazenando-os em água em estufa a 37°C. Em seguida, seccionaram-se estes em plano horizontal logo abaixo da junção cimento-esmalte com uma lâmina de 0,3 mm de diamante. Realizou-se outro corte logo abaixo deste, obtendo-se duas lâminas de 3,0 mm de espessura, sendo uma em dentina superficial e outra em dentina próxima à polpa-

profunda. Realizaram perfurações cilíndricas com brocas de 1,55 mm de diâmetro nestas amostras, sendo possível obter-se de três a quatro perfurações em cada dente. Confeccionaram-se restaurações com resina composta (Prodigy) após 24 horas utilizando um dos seis sistemas adesivos em estudo: Tenure Quick, Probond, One Step, Prime & Bond, Scotchbond MP Plus e Optibond FL. Inseriu-se a resina em dois incrementos, sendo cada um fotoativado por sessenta segundos. Após 24 h e 6 meses com armazenagem em água destilada a 37°C, os discos de 3,0 mm de dentina foram posicionados em uma plataforma de aço com as amostras de 1,5 mm de resina centralizadas em um orifício de 2,0 mm na plataforma. Posicionou-se ponta de aço com 1,0 mm de diâmetro no centro da restauração realizando, então, o deslocamento da resina através de máquina de ensaios hidráulica, com velocidade de 1,0 mm/min. Registraram a força necessária para o deslocamento da resina em kgf, convertendo esta através da divisão da força pela área da interface da resina composta unida. A aplicação do teste t demonstrou diferenças significativas entre as dentinas superficiais e profundas, tanto após 24 horas quanto após seis meses para todos os sistemas adesivos exceto Tenure Quick. O adesivo Optibond FL apresentou aumento significativo de resistência, sendo mais resistente em seis meses do que em 24 horas, tanto para dentina superficial quanto para profunda, sendo a resistência de união deste também superior a todos os outros adesivos em estudo. Entre os adesivos de frasco único, o Prime & Bond apresentou os maiores valores, seguido do One Step e por último o Tenure Quick, que por sua vez apresentou valores não satisfatórios de união.

Para mensurar e comparar a retenção de pinos intra-radulares serrilhados fixados com cimentos de ionômero de vidro, resinoso e ionômero modificado por resina, Love & Purton, em 1998, utilizaram cinquenta dentes humanos uniradulares, sem suas coroas, tratados endodonticamente e inclusos em blocos de resina. Realizaram preparos padronizados com 10 mm de profundidade e 1,5 mm de diâmetro para receber pinos metálicos serrilhados de aço inoxidável. Dividiram as amostras em cinco grupos, testando um cimento de

ionômero de vidro convencional, dois tipos de cimentos resinosos e dois tipos de cimentos de ionômero de vidro modificados por resina. Realizou-se ensaio mecânico *pull-out* à velocidade de 5 mm/min até deslocamento do pino. Coletaram-se os dados, realizando análise estatística através do teste T de Student e teste U de Mann-Whitney ($p < 0,01$). Os autores não encontraram diferenças significativas entre os cimentos resinosos e de ionômero de vidro convencional. Por outro lado, os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina apresentaram-se estaticamente inferiores aos demais e não diferiram entre si.

Devido à grande divergência com relação a utilização dos diferentes tipos retentores intra-radulares para dentes tratados endodonticamente, Stockton, em 1999, realizou extensa revisão de literatura, buscando formular uma série de diretrizes para auxiliar o cirurgião-dentista na seleção de pinos intra-radulares que poderiam otimizar a retenção ao mesmo tempo que limitaria a chance de ocorrer fratura do remanescente. Baseado nesta literatura, o autor afirma que o dentista deve adequar-se aos requisitos de cada elemento a ser restaurado, e que existe um equilíbrio exclusivo entre maximizar a retenção e manter a resistência à fratura radicular. Com isso, a recomendação através da literatura revista é que a utilização de pinos paralelos e passivos deve ser o sistema de escolha para a maioria dos casos, visto que a passividade induz a menos tensões e o paralelismo promove maior retenção mecânica.

Observando o crescimento da utilização de pinos intra-radulares pré-fabricados, Asmussen *et al.* (1999) avaliaram a dureza, limite de elasticidade e resistência à fratura de 3 diferentes tipos de retentores pré-fabricados, sendo dois pinos de zircônia (Biopost e Cerapost), um pino de titânio (PCR) e um pino de fibra de carbono (Composipost). Cimentaram todos os pinos com Panavia 21 em uma base metálica onde realizaram perfurações de forma a deixar apenas 4,8 mm da porção coronária exposta. Armazenaram os espécimes por 24 horas a 37°C para polimerização final do cimento. Realizaram, então, teste mecânico com os pinos colocados a 45° em relação à base da máquina de ensaios universal, aplicando

tensão progressiva com velocidade de 0,5 mm/min, buscando produzir uma curva de força/deflexão. Utilizaram dez amostras em cada grupo e submeteram os dados coletados à análise estatística. Entre os pinos de zircônia, não encontraram diferenças estatísticas, mas estes se apresentaram mais duros e com maior limite de elasticidade do que os pinos de titânio. Os pinos de fibra de carbono obtiveram valores inferiores em todas as propriedades analisadas em relação aos demais. Os resultados também mostraram valor de limite de elasticidade muito próximo aos de resistência à fratura para os pinos de zircônia, indicando que estes pinos mostram-se mais frágeis e não apresentam ductibilidade. Por outro lado, os pinos de titânio e fibras de carbono apresentaram limites de elasticidade menores do que sua resistência à fratura, o que indica comportamento mais plástico e conseqüentemente melhor absorção e distribuição de forças.

Em dezembro de 1999, Mannocci *et al.* avaliaram, através de microscopia confocal e eletrônica de varredura, dentes tratados com pinos de fibra, metálicos e resina composta. Selecionaram 42 pré-molares uniradiculares, tratados endodonticamente e divididos em sete grupos com seis elementos cada. Em cinco grupos, utilizaram-se três diferentes tipos de pinos de fibra de carbono, pino de fibra de vidro e pino de titânio, associados ao sistema adesivo All Bond 2 e cimento resinoso C&B. Para os dois demais grupos, utilizaram-se dois tipos de retentores de fibra de carbono fixados com cimento resinoso Panavia 21. Após três semanas de armazenagem em soro fisiológico, seccionaram-se longitudinalmente as raízes onde se observou uma metade em microscopia confocal e a outra em microscopia eletrônica de varredura. Avaliaram a presença da zona de interdifusão resina-dentina, falhas nas interfaces pino-resina-dentina e a ultra-estrutura dos pinos de fibra avaliados. O exame através da microscopia confocal revelou que os grupos restaurados com o sistema All Bond 2 apresentaram, significativamente, maior porcentagem de formação da zona de interdifusão resina-dentina do que os grupos restaurados com o Panavia 21. Observaram, também, muita semelhança entre o tamanho das fibras e a estrutura

dos pinos testados, e que em todas as marcas, encontraram espaços presentes no interior da estrutura destes retentores.

A retentividade dos pinos de fibra ao conduto radicular tem sido objeto de estudos por alguns autores. Drummond, em 2000, realizou estudo com intuito de comparar, através de teste de tração, a retentividade de pinos metálicos e pinos de fibra às paredes do canal. O autor também investigou o efeito da ciclagem térmica na resistência flexural destes pinos. Utilizou terceiros molares extraídos com a porção coronária removida e preparou os canais dos dentes. Aplicou-se nos pinos o sistema adesivo All Bond 2, fixando-os com cimento resinoso C&B Cement. Os pinos metálicos de aço não receberam aplicação do sistema adesivo, porém foram fixados com o mesmo cimento resinoso. Utilizaram amostra de vinte dentes por grupo, sendo estes compostos segundo o tipo de retentor utilizado: pinos de fibra de vidro (Fibrekor Post e Light Post), pinos de fibra de carbono (Carbon Post), pinos de fibra de carbono cobertos com partículas de quartzo (Aesthetic Post), e pinos de aço inoxidável. Manteve os dentes em umidade de 100% previamente à realização do ensaio mecânico. Em máquina de ensaios Instron, com velocidade de 2,0 mm/min realizou-se o teste de tração. Obtiveram-se os valores de resistência mensurando a área do pino unida à raiz dividida pela força de deslocamento deste. A análise estatística dos resultados indicou não haver diferenças significativas entre os grupos testados, sendo os resultados de união satisfatórios. Houve, no entanto, decréscimo na resistência flexural dos pinos de fibras após ciclagem térmica. Os autores acreditam que o real significado clínico destes achados ainda deva ser pesquisado.

Para comprovar a eficácia de pinos intra-radulares de fibra de vidro, Ferrari *et al.* (2000a) realizaram estudo clínico longitudinal com pacientes que receberam pinos pré-fabricados estéticos de fibras de vidro e de carbono. Avaliaram, por um período de um a seis anos, pinos de fibra de carbono, Composipost, e dois sistemas de pinos de fibra de vidro, Aesthetic e Aesthetic Plus. Incluíram neste estudo 1.304 pinos cimentados em dentes tratados endodonticamente, sendo 840 pinos Composipost, 215 Aesthetic e 249 Aesthetic

Plus. Utilizaram quatro diferentes combinações de sistemas de fixação e realizaram a restauração final com coroas metalocerâmicas (52%), coroas em cerâmica pura (38%) e o restante com restaurações diretas em compósito. Acompanharam periodicamente estes pacientes em intervalos de seis meses, realizando, em cada retorno, avaliações clínicas e radiográficas dos dentes incluídos na pesquisa. Os dados coletados ao longo das avaliações mostraram insucesso de 3,2% dos casos por duas razões distintas: 25 pinos soltaram-se durante a remoção da restauração provisória e 16 dentes apresentaram lesões periapicais, identificadas pelo exame radiográfico. Não houve diferença estatística entre os quatro grupos estudados. Baseados em suas observações, os autores afirmaram que os pinos de fibra podem ser utilizados rotineiramente para restauração de dentes tratados endodonticamente, e relatam também que fraturas não podem ser correlacionadas com estes tipos de pino.

Em maio de 2000b, Ferrari *et al.* realizaram estudo longitudinal do comportamento clínico de núcleos metálicos fundidos e pinos de fibra de carbono Composipost após quatro anos. Selecionaram-se duzentos pacientes, posteriormente divididos em dois grupos com cem dentes, tratados endodonticamente, cada. O grupo 1 constitui-se de dentes restaurados utilizando-se pinos de fibra de carbono através de técnica adesiva, enquanto que para o grupo 2 realizaram-se núcleos metálicos fundidos através de técnica tradicional. Para avaliação, chamaram os pacientes após 6 meses, 1, 2 e 4 anos onde se realizavam avaliações clínica e radiográfica, registrando os resultados endodônticos e protéticos. As avaliações mostraram resultados estatisticamente superiores dos pinos de fibra de carbono após 4 anos de acompanhamento, onde os autores concluíram que o estudo indica uma superioridade do sistema Composipost em relação aos núcleos metálicos fundidos.

Informações detalhadas da estrutura dentinária são essenciais para interpretação de dados referentes às investigações com sistemas adesivos, especialmente pelo fato de diversos substitutos aos dentes humanos estarem sendo propostos. Observando isto, Schilke *et al.* (2000) comparam o número e o

diâmetro dos túbulos dentinários de superfícies preparadas semelhantemente de incisivos bovinos, dentes humanos decíduos e terceiros molares. Para os dentes bovinos, utilizaram a coroa e as raízes. Nas amostras de dentes humanos, utilizaram apenas as coroas. A densidade tubular na região média da dentina radicular bovina apresentou-se maior do que em dentes decíduos, permanentes e porção coronária de incisivos bovinos. Não encontraram diferenças significativas entre os três tipos de regiões coronárias para densidade tubular e diâmetro dos canalículos. Os resultados sugerem que preparos padronizados utilizando dentes bovinos podem atuar como substitutos aos dentes humanos em estudos de adesão.

Buscando analisar as possibilidades do uso de sistemas adesivos em canais radiculares para obtenção da adesão de sistemas de retenção intraradiculares, Ferrari *et al.*, em 2000c, avaliaram *in vitro* a morfologia dentinária de condutos radiculares em termos de orientação dos túbulos dentinários, densidade e aumento da área de superfície após o condicionamento ácido. Para isso, selecionaram-se trinta dentes anteriores divididos em três grupos aleatoriamente, onde utilizaram as amostras do Grupo 1 para análise da morfologia tubular em MEV. As amostras dos Grupos 2 e 3 receberam condicionamento com ácido fosfórico a 32%. Examinaram os dentes do Grupo 2 em MEV sem tratamento posterior ao condicionamento. Já as amostras do Grupo 3 receberam tratamento com sistema adesivo e cimentação de pinos de fibra no canal radicular, sendo então processados para análise da formação da camada híbrida e tags de resina nos túbulos dentinários. Realizaram-se as observações segundo a região radicular, realizando a estimativa de densidade de túbulos e o cálculo do aumento da área disponível para adesão após condicionamento ácido. As observações demonstraram variabilidade da densidade e orientação dos túbulos dentinários em todas as amostras, existindo diferenças significativas nesta densidade dependendo da localização. A área de dentina radicular disponível para adesão após o condicionamento aumentou em 202% no terço cervical, 156% no terço médio e 113% no terço apical. As amostras do Grupo 3 mostraram que a

espessura da camada híbrida depende da densidade tubular, onde se observou que em setores com menor densidade de túbulos dentinários a camada híbrida apresentou espessura significativamente menor que em áreas com maior densidade tubular. Os autores puderam também concluir que o aumento da superfície dentinária após o condicionamento ácido pode ser responsável pela melhora da força de adesão, mas nem todas as áreas apresentaram igual resposta ao condicionamento.

Em dezembro de 2000, Kimmel descreveu e ilustrou uma técnica para construir pino e núcleo para retenção de coroas em dentes contendo defeitos estruturais que requeriam suporte de pinos. O autor associou uma fibra de polietileno (Ribbond) de alto módulo de elasticidade e alto peso molecular com pino de fibras de vidro (Fibrekor), sistema adesivo (Optibond) e resina composta de preenchimento quimicamente ativada. Inicialmente realizava o preparo superficial da dentina radicular, seguido pela e inserção da fibra de polietileno, saturada de adesivo, ao longo de toda extensão do canal, impregnada com resina composta quimicamente ativada para posterior inserção do pino de fibra de vidro. A técnica descrita permite, segundo o autor, remoção mínima da estrutura dental de suporte remanescente e cria um pino que promova suporte ao núcleo e ao mesmo tempo reforce a raiz internamente. Desta maneira, raízes com paredes delgadas e frágeis pela destruição por cárie, fratura vertical ou preparo extenso poderiam ser utilizadas como suporte para coroas ou prótese fixa. Concluiu, também, que com a fusão química resultante das paredes internas do preparo aos materiais aplicados em seu interior, cria-se reforço ao longo da raiz e estabilização de pino de corpo único e uniforme.

O desenvolvimento dos sistemas adesivos, bem como o crescimento do seu uso para cimentação de pinos intra-radulares trouxe a necessidade de se medir a força de adesão nas regiões ao longo do conduto radicular. Observando isto, Gaston *et al.*, em seu estudo em 2001, verificaram, através de teste mecânico de microtração, se existia diferença na força de adesão de cimentos resinosos (C&B Metabond e Panavia 21) aos terços radulares, cervical, médio e apical.

Para isso, utilizaram-se vinte dentes humanos uniradiculares, onde se realizou o corte da coroa e preparo do canal simulando espaço para cimentação de pino intra-radicular. Após este preparo, realizou-se o desgaste de uma das faces da raiz até exposição do conduto radicular. Dividiram-se as raízes em dois grupos, um para o cimento Panavia 21, o qual não se realizou condicionamento ácido da superfície dentinária do canal radicular, e outro para o cimento C&B Metabond, onde se utilizou o condicionamento com ácido cítrico a 10% e cloreto férrico a 3% por vinte segundos previamente a aplicação do cimento. Após finalização dos procedimentos restauradores, prepararam-se cortes em forma de palitos perpendicularmente ao longo eixo da raiz, obtendo três cortes para cada região radicular. Realizou-se, então, ensaio mecânico de microtração, e os resultados obtidos mostraram que os dois cimentos apresentaram alta força de adesão, variando de 12 a 23 MPa. Observou-se, também, não existir diferenças significativas entre aos terços radiculares estudados. No entanto, verificou-se aumento numérico da força de união na região apical em relação aos terços médio e cervical.

Em 2001, Mannocci *et al.*, avaliaram, através de teste de microtração e análise por microscopia confocal, a força de adesão à dentina do canal radicular e o padrão de fratura de dois sistemas adesivos dentinários, o All Bond 2 e o do cimento Panavia F. Após tratamento sem obturação dos canais, seccionaram os dentes longitudinalmente e em cada metade aplicavam um dos sistemas adesivos. Sobre cada camada de adesivo, aplicavam uma camada de resina polimerizando em seguida. Após, seccionavam a raiz perpendicularmente ao seu longo eixo, formando pastilhas de 1,5 mm de espessura, posteriormente preparadas para teste de microtração. Após o teste, registraram a carga necessária para romper a adesão e o padrão de fratura para posterior comparação entre os grupos. Os resultados mostraram que as falhas ocorriam com a mesma carga nos dois grupos (17,1 MPa). Mostraram, também, que nos dois grupos, a falha mais freqüente era a descimentação do adesivo da camada híbrida. Através dos resultados, os

autores concluíram que os sistemas adesivos são semelhantes nos dois quesitos estudados.

Ferrari *et al.*, em 2001, estudaram, através de microscopia eletrônica de varredura, o mecanismo de união de um sistema adesivo de passo único aplicado de três diferentes maneiras nos três terços radiculares, em comparação com o sistema convencional para cimentação adesiva de pinos de fibras de vidro. Os autores avaliaram a formação de prolongamentos de resina, ramificações e camada híbrida; a eficiência de pinos translúcidos na fotoativação do adesivo e do cimento; a eficiência de um micropincel em levar a solução primer-adesivo ao terço apical do canal preparado; e se os diferentes procedimentos clínicos podem afetar o mecanismo de união. Realizados os procedimentos restauradores, procedeu-se a avaliação através de microscopia eletrônica de varredura. Os resultados mostraram a formação de uma camada de cimento similar, independente da técnica utilizada, variando de acordo com a forma do canal e com a presença de bolhas, e a formação de camada híbrida mais uniforme, utilizando um micropincel, ao longo de toda raiz, com prolongamentos de resina e ramificações laterais. Também observaram que a polimerização do adesivo junto com o cimento através do pino translúcido não é eficiente e que os diferentes procedimentos clínicos testados têm relação direta com o mecanismo de adesão de retentores pré-fabricados de fibra de vidro.

O desenvolvimento de sistemas de pinos pré-fabricados estéticos motivou Akkayan & Gülmez (2002) a avaliar a resistência a fratura de caninos tratados endodonticamente comparando estes sistemas com pinos de titânio. Para isso, selecionaram quarenta dentes humanos divididos em quatro grupos e restaurados, respectivamente, com pinos de titânio, fibras de quartzo, fibras de vidro e zircônia. Para todos os grupos utilizaram o sistema adesivo Sigle Bond associado ao cimento resinoso RelyX ARC de ativação dual. Após a cimentação dos pinos, confeccionaram núcleos de resina composta e cimentaram coroas metálicas com cimento de ionômero de vidro modificado por resina, Vitremer. Em seguida, os espécimes receberam carga compressiva inclinada em 130° até

fratura. Obtiveram cargas médias de fratura, para cada grupo respectivamente, de 66,95 kgf, 91,20 kgf, 75,90 kgf e 78,91 kgf. Os resultados mostraram que os pinos de fibra de quartzo apresentaram resistência à fratura significativamente maior que os demais pinos. Observaram, também, que os pinos de fibra de quartzo e de vidro apresentaram padrões de fratura mais favoráveis ao reparo, enquanto que os pinos de titânio e zircônia mostraram padrões mais desfavoráveis.

Com intuito de comparar dois procedimentos clínicos para fixação de pinos de fibras em canais radiculares, Vichi *et al.* (2002a) avaliaram a influência de dois tipos de pincéis utilizados para aplicar a solução primer-adesivo em sua capacidade de formação de prolongamentos de resina e camada híbrida, quando utilizados para fixar pinos de fibras translúcidos. Selecionaram vinte dentes tratados endodonticamente, dividindo-os em dois grupos de dez elementos, realizando os seguintes tratamentos: grupo 1, aplicação do sistema adesivo com micro-pincel (*microbrush*) e fixação do pino com cimento resinoso; grupo 2, aplicação do sistema adesivo utilizando pincel plástico pequeno e cimentação do retentor. Após os procedimentos de cimentação dos pinos, processaram as amostras para avaliação em microscopia eletrônica de varredura. Observaram a formação de prolongamentos de resina e zona de interdifusão resina-dentina (RDIZ) pelo sistema adesivo utilizado em todas amostras. As interfaces das raízes do grupo 1 mostraram maior porcentagem ($p < 0,05$) de formação da RDIZ em comparação ao grupo 2. Detectaram maior uniformidade da RDIZ em todos os terços do grupo 1, enquanto que o grupo 2 não apresentou formação da RDIZ no terço apical. Não encontraram diferenças significativas entre os terços radiculares para os dois grupos, exceto pelo terço cervical do grupo 1 que apresentou formação significativamente maior de prolongamentos de resina do que o terço equivalente do grupo 2.

Buscando avaliar a resistência à tração de pinos intra-radiculares em dentes anteriores, Pithan *et al.*, em 2002, realizaram estudo *in-vitro* através de ensaio mecânico *pull-out*. Selecionaram 45 dentes anteriores decíduos uniradiculares, com a porção coronária cortada 1 mm acima da junção amelo-

cementária e tratados endodonticamente. Dividiram as raízes em três grupos de acordo com o tipo de retenção utilizado: resina composta Z-250; fio ortodôntico associado ao compósito Z-250; e pino de fibra de vidro Fibrekor fixado com compósito Z-250. Realizaram preparo do espaço para o pino utilizando ponta diamantada 4137 com profundidade de 3 mm. Realizaram tratamento da superfície dentinária em todas as amostras com sistema adesivo Single Bond, e, em seguida, os tratamentos propostos para cada grupo. Submeteram os corpos de prova ao teste mecânico de tracionamento em máquina de ensaios universal, analisando estatisticamente os dados obtidos. Não encontraram diferenças entre os grupos estudados, e concluíram que o tipo de retenção intra-radicular utilizada não interferiu na resistência à tração, e observaram mais frequentemente falha do tipo adesiva, correspondendo a 74% da amostra.

Ferrari *et al.*, realizou estudo em 2002 avaliando a eficácia de um micro-pincel como carreador do sistema adesivo na formação da camada híbrida. Utilizaram vinte dentes tratados endodonticamente divididos em dois grupos, um realizando fixação de pinos de fibra com cimento resinoso e aplicação do sistema adesivo com pincel aplicador regular e no outro, realizaram o mesmo procedimento utilizando micro-pincel. Avaliaram a formação da camada híbrida, através de microscopia eletrônica de varredura, nos terços cervical médio e apical para os dois grupos. Observaram formação efetiva desta zona de interdifusão resina-dentina nos terços cervical e médio para os dois grupos, enquanto que no terço cervical do grupo em que utilizaram micro-pincéis, esta formação apresentou-se significativamente maior que para o grupo utilizando pincéis aplicadores regulares.

Através de estudo de microscopia eletrônica de varredura, Vichi *et al.*, em 2002b, avaliaram a eficiência de três sistemas adesivos de um passo e dois sistemas de três passos na formação da camada híbrida, prolongamentos de resina e ramificações laterais, utilizados para reter pinos de fibras. Os resultados mostraram que todos sistemas adesivos formaram camada híbrida, mostrando-se mais uniformes e detectáveis nos terços radiculares cervical e médio. Detectaram,

de forma mais significativa, a morfologia e formação de prolongamentos de resina e ramificações laterais nos terços cervical e médio do que no terço apical. Entre os cinco grupos, não encontraram diferenças estatisticamente significantes na região cervical. Por outro lado, nos terços médio e apical, observaram prolongamentos de resina significativamente menos evidentes para os sistemas de um passo. Finalmente, concluíram que os sistemas de três passos formam embricamento mecânico mais amplo, quando comparados a sistemas de passo único.

Nos últimos anos, a seleção de materiais para reabilitação de dentes tratados endodonticamente mudou de materiais muito rígidos para materiais com características mecânicas próximas à dentinária, proporcionando uma unidade mecânica mais homogênea, reduzindo o risco de fratura. Baseados nestas verificações, Pest et al., em 2002, avaliaram, através de ensaio mecânico *push-out*, a resistência de união entre material de fixação, pino e dentina radicular. Selecionaram-se cinquenta dentes uniradiculares, removendo suas coroas na altura da junção amelo-cementária, realizando, então, tratamento endodôntico destas. Preparou-se o espaço para os pinos, utilizando ponta diamantada cilíndrica, com 8 mm de profundidade. Inseriu-se o material de cimentação no interior do canal utilizando ponta metálica descartável. Em seguida, realizaram-se cortes transversais na raiz, obtendo quatro seções com 2 mm de espessura. Também se prepararam amostras para avaliar a resistência de união entre os materiais de fixação e pinos utilizados. Para isso, ancoraram-se pinos com os materiais cimentantes em bloco de resina com perfuração central de 3 mm de diâmetro. Realizou-se o teste *push-out* em todas as amostras e os dados coletados mostraram não existir diferenças estatísticas entre os sistemas adesivos de condicionamento ácido total e os auto-condicionantes utilizados neste estudo. Observou-se, também, que as amostras onde testaram a união entre pino e material de fixação apresentaram altos valores de resistência de união. Através destes resultados, concluiu-se que a técnica de fixação de pinos intra-radiculares com resinas compostas mostra-se equivalente ou mesmo superior a técnica de fixação com cimentos resinosos. Realizou-se, também, análise através de

microscopia eletrônica de varredura, observando variações entre as zonas de hibridização para os sistemas adesivos utilizados, sendo que o sistema de quarta geração alcançou os melhores resultados, quando comparado aos sistemas auto-condicionantes.

Frente aos diversos protocolos já propostos para cimentação de pinos intra-radulares que utilizam cimentos resinosos, Varela *et al.* (2003) analisaram *in vitro* o efeito do tratamento com hipoclorito de sódio na adesão e resistência à tração de diferentes técnicas de cimentação de pinos. Para isso, selecionaram-se 120 dentes humanos uniradulares, realizando condicionamento do canal radicular com ácido orto-fosfórico a 37%. Dividiram-se os dentes em dois grandes grupos, com sessenta elementos cada. Para o grupo I, não se realizou tratamento superficial posterior ao condicionamento ácido, e para o grupo II, aplicou-se hipoclorito de sódio a 10%. Para cada grupo, testaram-se quatro protocolos de cimentação de pinos: sistema adesivo ED Primer e cimento resinoso Panavia 21; ED Primer e cimento resinoso Dual Cement; Panavia 21 somente; e Dual Cement sem sistema adesivo. Avaliaram, através de microscopia eletrônica de varredura, a formação de prolongamentos dentinários, da camada híbrida e a superfície do pino. Realizou-se, também, teste de tração avaliando a resistência de união dos cimentos utilizados. A análise microscópica revelou diferenças morfológicas entre os tratamentos realizados, onde se observou a formação de prolongamentos cônicos para o grupo I e cilíndricos para o grupo II. Encontraram-se variações para os protocolos utilizados, dependendo do tratamento superficial, onde, o cimento Panavia 21, quando aplicado sozinho, mostrou-se mais efetivo no grupo I, e o menos efetivo no grupo II, onde o cimento Dual Cement associado ao sistema adesivo apresentou comportamento superior. Concluiu-se que o tratamento com hipoclorito de sódio não altera a resistência de união no geral, mas em determinados casos pode melhorar a retenção de alguns sistemas.

Cordeiro, em 2003 avaliou a resistência ao cisalhamento por extrusão, através de teste *push-out*, entre dentina intraradicular e pinos de fibra de vidro nas regiões cervical, média e apical de raízes utilizando dois sistemas de cimentação

adesiva. Selecionaram-se vinte pré-molares inferiores uniradiculares recém extraídos por razões ortodônticas, hígidos e livres de trincas. Removeram-se as coroas dos dentes na altura da junção amelo-cementária e, em seguida, a polpa dental utilizando-se limas endodônticas. Prepararam-se os condutos radiculares com brocas de *largo* número 5, em comprimento de 8,0 mm. Dividiram-se as raízes em dois grupos, com dez elementos cada, onde para o Grupo 1 fixaram-se os pinos utilizando sistema adesivo auto-condicionante ED Primer associado ao cimento resinoso Panavia F, e para o Grupo 2, fixaram-se os pinos com sistema adesivo de frasco único Single Bond em conjunto com cimento resinoso RelyX ARC. Finalizada fixação dos pinos, mantiveram-se as amostras em estufa a 37°C por 24 horas. Removeu-se a porção mais apical das raízes até padronizar o comprimento em 8,0 mm, seccionando transversalmente, em seguida, as raízes, obtendo três discos com 2,7 mm de altura, classificados segundo o terço radicular a que pertencia como cervical, médio e apical. Realizou-se o ensaio mecânico de resistência de união à extrusão em máquina universal de ensaios Instron 4411, onde uma haste metálica com 1,0 mm de diâmetro produziu carga estática com velocidade de 0,5 mm/min até o deslocamento do pino no conduto radicular. Os valores médios de resistência de união por extrusão obtidos não apresentaram diferenças estatísticas no terço cervical da raiz entre os dois materiais avaliados. Nas regiões média e apical do canal, os valores de resistência de união apresentados pela associação Single Bond e RelyX ARC mostraram-se estatisticamente superiores aos valores obtidos pelo sistema ED Primer e Panavia F. Para os dois sistemas estudados, não se encontraram diferenças estatísticas entre os terços cervical e médio dentro de cada grupo, porém encontrou-se diferença entre estas regiões e o terço apical. Após ensaio mecânico, seccionaram-se os espécimes longitudinalmente para análise em microscopia eletrônica de varredura, observou-se que a zona de interdifusão adesivo/dentina apresentou-se mais espessa para o sistema adesivo Single Bond que para o adesivo auto-condicionante ED Primer. Houve áreas desmineralizadas com presença de túbulos dentinários abertos e parcialmente preenchidos pela resina

em ambos os grupos. Também se observaram bolhas, variando tamanho e forma na camada de cimento junto a área da interface de união e mais constantes no terço apical das raízes.

No mesmo ano, Pizi apresentou estudo avaliando *in vitro* a resistência e o padrão de fratura de coroas cerâmicas Cergogold/Dulceragold, após fixação adesiva sobre diferentes reconstruções. Selecionaram-se sessenta incisivos bovinos, com dimensões médias semelhantes. Realizou-se corte das coroas, padronizando o comprimento das raízes em 21 mm, em seguida, conduziu-se o tratamento endodôntico e a inclusão destas em cilindros de poliestireno, simulando ligamento periodontal. Dividiram-se as amostras incluídas em seis grupos, segundo o tipo de tratamento: (G1) preparo coronário em dentina, (G2) preenchimento com resina composta Z-250, (G3) pino de fibra de vidro Fibrekor, (G4) pino de fibra de vidro reembasado com resina composta (Fibrekor + Z-250), (G5) núcleo em cerâmica prensada Cergogold, e (G6) núcleo metálico fundido, em liga de cobre-alumínio. Após a reconstrução dos pinos e da porção coronária realizando preparo para coroa total com 6º de expulsividade, moldaram-se estes, confeccionando-se coroas cerâmicas puras. Procedeu-se a fixação das coroas e armazenagem em ambiente com 100% de umidade a 37°C por 24 horas submetendo, então, os corpos de prova ao carregamento de compressão sob ângulo de 135º com velocidade de 0,5 mm/min até fratura. Submeteram-se os resultados a Análise de Variância e, posteriormente, ao teste de Tukey. Observaram-se, também, os padrões de fratura das coroas cerâmicas e dos sistemas de retenção intra-radicular. Encontraram-se os seguintes valores médios de resistência à fratura, em kgf: G1, 42,7 ± 10,3 (a); G6, 42,0 ± 10,9 (ab); G3, 31,7 ± 6,1 (bc); G4, 31,5 ± 4,7 (bc); G5, 27,0 ± 6,4 (c); G2, 22,2 ± 8,6 (c). O grupo com preparo em dentina apresentou os maiores resultados, semelhante ao grupo com núcleos metálicos fundidos. Os dois grupos restaurados com pinos de fibra de vidro apresentaram resultados semelhantes entre si, diferindo apenas do grupo somente com preparo em dentina. O grupo de núcleos em cerâmica e aquele somente preenchido com resina composta apresentaram resultados inferiores.

Quanto ao padrão de fratura, os grupos com pinos de fibra apresentaram comportamento semelhante ao grupo com remanescente dentinários na porção coronária, e o único grupo a apresentar fratura radicular com envolvimento periodontal foi aquele reconstruído com núcleo metálico fundido.

Buscando avaliar a efetividade de retenção de cimentos resinosos, Mezzomo *et al.*, no ano de 2003, realizaram estudo para investigar a resistência à fratura de dentes restaurados com núcleos metálicos fundidos com e sem abraçamento cervical, utilizando dois diferentes cimentos: cimentos de fosfato de zinco e resinoso. Cimentaram os núcleos, realizando, em seguida, carregamento com angulação de 45° até fratura do espécime. Submeteram os dados coletados a análise estatística através de análise de variância e teste de Tukey ($p < 0,05$). Espécimes com abraçamento cervical apresentaram maior resistência que aqueles sem abraçamento, independente do tipo de cimento utilizado. Não encontraram diferenças entre os núcleos fixados com cimento resinoso e cimento de fosfato de zinco com abraçamento, enquanto que aqueles cimentados com fosfato de zinco sem abraçamento apresentaram-se significativamente inferiores. A partir dos resultados, concluíram que o cimento resinoso apresenta melhor performance que os cimentos de fosfato de zinco.

Segundo Newman *et al.* em 2003, a aplicação mais recente dos compósitos reforçado por fibras envolve seu uso como retentores e núcleos, desta forma, este trabalho teve como objetivo comparar o efeito de três sistemas de pinos de compósitos reforçados por fibras na resistência e padrão de fratura de dentes tratados endodonticamente. Para isso, utilizaram-se noventa incisivos centrais superiores divididos em oito grupos experimentais e um grupo controle de pinos de aço inoxidável, com dez amostras cada. Designaram-se oitenta dentes em dois grupos principais denominados canais estreitos e amplos. Para o grupo de canais estreitos, realizaram-se preparos para cimentação dos pinos Fibrekor, Luscent Anchors e Ribbond, utilizando-se brocas específicas para cada sistema pino a ser cimentado. Já para o grupo com canais amplos, simularam-se condutos com paredes delgadas, sendo os dentes restaurados com os mesmos sistemas

utilizados no grupo de canais estreitos. Realizou-se a cimentação dos retentores utilizando cimento autopolimerizável e resina composta fluida fotopolimerizável para aqueles onde se utilizou o Ribbond.. Em todos estes dentes realizou-se a confecção de núcleo padronizado, distribuindo dez elementos para cada tratamento. Confeccionou-se um subgrupo adicional de canais estreitos e amplos, utilizando Ribbond, com dez elementos cada, onde a confecção da porção coronária apresentou formas e tamanhos variados, sendo denominado Ribbond não-padronizado. Montaram-se os espécimes em dispositivo que proporcionavam angulação de 45°, realizando então carregamento, em máquina de ensaios universal, com velocidade de 0,5 mm/min até ocorrer alguma falha do sistema testado. Analisaram-se estatisticamente os valores obtidos, observando não existir diferenças entre os grupos de canais estreitos e amplos, exceto para os retentores de Ribbond. Observaram também que o grupo controle, que utilizou pinos de aço inoxidável apresentou os maiores valores de resistência. Com isso, concluiu-se que os pinos de aço apresentaram os maiores valores de resistência à fratura, mas em contrapartida verificaram que o padrão de fratura destes pinos é bastante desfavorável, apresentando propensão à fratura radicular, enquanto que os pinos de compósito reforçados por fibras apresentam padrão de fratura ou mesmo deflexão dos pinos favoráveis ao remanescente dentário.

Através de teste de microtração, Bouillaguet *et al.* (2003) verificaram a força de adesão de cimentos adesivos à dentina radicular em canais radiculares íntegros e ampliados. Selecionaram e prepararam-se caninos e pré-molares uniradiculares humanos para receber pinos de resina reforçada por fibras, posteriormente cimentados com Single Bond e RelyX ARC; ED Primer e Panavia F; C&B Metabond; e Fuji Plus. Após preparo das amostras e ensaio mecânico, os autores verificaram que a força de adesão em canais intactos apresentou-se significativamente inferior aos canais ampliados, e que os cimentos RelyX ARC e Panavia F apresentaram maior força de adesão que os cimentos C&B Metabond e Fuji Plus. Com base em seus resultados, os autores concluíram que o estresse gerado pela contração de polimerização ou problemas de acesso ao canal

radicular pode ter determinado a menor adesão aos canais íntegros. Finalmente, sugerem que os canais não devem ter profundidade grande e devem apresentar remanescente coronário suficiente para dar suporte e facilitar os procedimentos de cimentação.

Em setembro de 2003, Albuquerque *et al.* publicaram trabalho avaliando o efeito na distribuição de tensões de pinos de diferentes formas e materiais. Compararam três formas, cônica, cilíndrica e cilíndrica em dois estágios, para três diferentes tipos de material, aço inoxidável, titânio e fibra de carbono embebida em matriz de Bis-GMA. Analisaram os materiais através de modelos de elemento finitos bidimensionais. Simularam carga estática de 100N com inclinação de 45° em relação à borda incisal. Os modelos obtidos mostraram que a concentração de stress não afetou significativamente a região adjacente à crista alveolar palatina, independente da forma do pino ou material. No entanto, as concentrações de stress na interface pino-dentina na porção radicular palatina apresentou variações significativas entre os diferentes materiais e formatos simulados. A forma do pino provocou menor impacto nas concentrações de forças enquanto que o material teve maior peso neste aspecto. Pinos de aço inoxidável apresentaram os maiores níveis de concentração de stress, seguido pelos pinos de titânio e fibra de carbono, respectivamente.

Kurtz *et al.* (2003) avaliaram o efeito do cimento obturador, sistema adesivo e região radicular na resistência ao deslocamento, através de teste *push-out*, de três pinos intra-radulares estéticos. Selecionaram 24 dentes humanos uniradulares, incisivos centrais ou caninos, realizando tratamento endodôntico, utilizando guta-percha associado aos cimentos Roth's 801 ou AH26. Fixaram os pinos (Cosmopost, Fibrekor ou Parapost Fiber White) utilizando dois tipos de sistemas adesivos e dois cimentos resinosos. Cortaram transversalmente a raiz em quatro segmentos, realizando ensaio mecânico *push-out* nas diferentes regiões da raiz para medir a retenção. O pino Cosmopost mostrou-se significativamente menos retentivo que os demais em todas as regiões radiculares observadas. A região radicular cervical de todos os grupos mostrou-se

significativamente mais retentiva que as demais regiões. Tanto o cimento endodôntico contendo eugenol quanto os tipos de sistema adesivo utilizado não tiveram nenhum efeito na resistência de união. Por outro lado, o tipo de pino e a região radicular afetaram significativamente a resistência ao deslocamento.

Utilizam-se, comumente, pinos de fibras para restaurar dentes tratados endodonticamente. Evidências científicas já demonstraram que as propriedades mecânicas de dentes restaurados com pinos de fibra, em combinação com cimentos resinosos, que são polímeros com baixo módulo de elasticidade, são melhoradas quando comparada aos pinos metálicos. Em face a estas observações, Prisco *et al.* (2003) realizaram estudo avaliando a resistência mecânica de quatro diferentes sistemas de pinos-cimentos através de ensaio mecânico *pull-out*, associado a simulações utilizando metodologia de análise de elementos finitos. Os resultados mostraram haver diferenças significativas entre a união do pino ao cimento e cimento a dentina, sendo a última inferior, mostrando maior probabilidade de falha nesta região. Observou-se, também, a ausência de diferenças entre os diversos sistemas testados.

A longevidade de dentes tratados endodonticamente tem melhorado bastante pela contínua evolução da terapia endodôntica e dos procedimentos restauradores, bem como dos materiais disponíveis. Muitos trabalhos demonstram a reabilitação destes elementos utilizando retentores intra-radulares. Observando a grande variedade destes materiais disponíveis no mercado, Fernandes *et al.*, em 2003, realizaram extensa revisão de literatura a respeito de todos os aspectos levados em consideração na seleção do tipo de pino a se utilizar para reabilitar dentes com tratamento endodôntico. De acordo com o levantamento, os fatores que influenciam a seleção do tipo de pino são: comprimento radicular, anatomia do dente, largura da raiz, configuração do canal, quantidade de remanescente coronário, forças de torção, fadiga, material do pino, compatibilidade entre materiais utilizados, capacidade de adesão, retenção do núcleo, reversibilidade, estética e tipo de material a ser utilizado na coroa. Baseando-se na literatura revisada, propuseram, também, algumas recomendações clínicas para uso de

pinos intra-radulares como a conservação de estrutura dentinária; a indicação de se restaurar canais não circulares ou com severa perda estrutural utilizando núcleos metálicos fundidos; utilizar dispositivos anti-rotacionais em canais circulares; procurar manter compatibilidade entre todos os materiais selecionados bem como buscar a adesão, adequada rigidez e estética, quando possível; facilidade de aplicação e boa relação custo-benefício, entre outras diversas recomendações descritas pelos autores.

Visando relatar uma nova técnica de confecção de pinos intra-radulares, Grandini *et al.* (2003) relataram caso clínico onde utilizaram novo tipo de pino de fibra em um canal amplo e não circular. Este novo sistema de pino de fibras, denominado Anatomic Post'n Core, baseia-se na modelagem do conduto radicular com resina composta fotoativada, aderida ao pino e posteriormente cimentada. A técnica descrita pelos autores apresenta pequenas variações em relação à técnica convencional de cimentação, incluindo apenas alguns passos, no caso, a moldagem e confecção de um pino individualizado. Para isso, após o preparo do espaço para o pino, segue-se com a lubrificação do conduto e inserção do pino envolvido com compósito fotoativado. Segue-se com a inserção deste no interior do canal, fotoativando o conjunto em posição por vinte segundos, seguindo-se com a remoção do pino e complementação da polimerização por mais vinte segundos. Após a realização destes passos, tanto o retentor individualizado quanto o canal radicular são lavados, seguindo-se com os procedimentos de cimentação adesiva tradicionalmente utilizados para cimentação de pinos pré-fabricados de fibras. Os autores afirmam que o procedimento clínico é simples onde se alcança adaptação superior do retentor às paredes do canal radicular, reduzindo a quantidade de cimento necessária para fixação. Concluíram que a técnica descrita mostra-se eficiente para utilização rotineira quando o canal preparado apresenta-se amplo ou não perfeitamente circular.

Recentemente, propuseram-se vários tipos de cimentos resinosos para fixação de pinos de fibras aos canais radulares. Para investigar estes materiais, Barnabé, em 2003, conduziu estudo com os seguintes objetivos: avaliar a força de

união entre materiais de cimentação, dentina radicular e pinos de fibra de vidro, através de teste de extrusão; determinar o modo de fratura destes componentes através de microscopia eletrônica de varredura; e verificar as áreas de bolhas presentes e sua relação com a resistência ao deslocamento. Selecionaram-se sessenta caninos humanos intactos, extraídos por razões periodontais. Seccionaram-se as coroas, preparando as raízes para receber pinos de fibra de vidro (Reforpost e Fibrekor) fixados com cimentos resinosos associados a sistemas adesivos (RelyX ARC/Single Bond, Variolink II/Excite DSC e Panavia F/ED Primer). Dividiram-se, aleatoriamente, os dentes em seis grupos com dez elementos cada, cimentando os dois tipos de pinos com cada sistema de fixação. Seccionaram-se transversalmente as raízes, formando corpos de prova com 2,5 mm de espessura, correspondentes aos terços radiculares cervical, médio e apical, nos quais aferiam-se as áreas de bolhas e posteriormente executava-se os testes de extrusão. Após ensaio mecânico, processaram-se todas as amostras para observação através de microscopia eletrônica de varredura para determinação do modo que as falhas ocorriam. Determinaram-se as diferenças entre os seis grupos realizando Análise de Variância de três critérios, seguida pelo teste de Tukey. A análise estatística verificou que não houve diferença entre os pinos testados, e a tensão de extrusão variou nos terços cervical, médio e apical de acordo com o sistema adesivo/cimento utilizado. No terço médio não se encontraram diferenças significativas, independente do pino e cimento utilizados. Para todos os grupos, as fraturas ocorreram predominantemente entre o cimento resinoso e a dentina radicular. Os grupos 5 e 6 (Panavia F/ED Primer associado aos pinos Reforpost e Fibrekor) apresentaram áreas de bolha significativamente maiores. Concluiu-se que os pinos, cimentos ou a presença de bolhas não influenciaram a tensão de extrusão; a adesão apresentou-se diferente nas três regiões radiculares estudadas; e as falhas ocorreram entre cimentos adesivos e a dentina.

Com intuito de substituir os pinos metálicos e cerâmicos, desenvolveram-se retentores intra-radulares de resina reforçada por fibras.

Visando avaliar algumas propriedades destes pinos de fibras, Lassila *et al.* (2004), investigaram as propriedades flexurais de diferentes tipos destes retentores, comparando-os com um novo pino de fibra disponível no mercado. Selecionaram dezessete diferente tipos de pinos de fibras de carbono ou vidro, de várias marcas (Snowpost, Carbopost, Parapost, C-post, Glassix, Carbonite) e diâmetros (1,0-2,0mm), e um pino de fibras contínuas unidirecionais E-glass (everStick, 1,5mm de diâmetro), atuando como controle. Armazenaram os pinos em umidade relativa ou realizaram termociclagem, seguindo o acondicionamento em água por duas semanas antes do teste de flexão, utilizado para medir a resistência flexural e o módulo de elasticidade dos espécimes. Os resultados mostraram que a termociclagem, marca comercial e diâmetros do pino afetam significativamente a carga de fratura e a resistência flexural. Obtiveram os maiores valores de resistência para o material controle. Encontraram, também, correlação linear entre a carga necessária para fraturar os pinos e seu diâmetro para ambos os tipos de fibras. A termociclagem reduziu em 10% o módulo flexural e em 18% a resistência e a carga de fratura. Frente a estes resultados, os autores ponderaram que o módulo do material é apenas um parâmetro na indução de stress ao tecido radicular. Afirmou-se que, entre diversos fatores, deve-se levar em conta o diâmetro do pino durante a seleção do protocolo restaurador.

Existem muitos questionamentos a respeito de como realizar o tratamento superficial de pinos pré-fabricados. Baseando-se nisto, Sahafi *et al.* (2004a) avaliaram o efeito de vários tratamentos superficiais em pinos de titânio (Parapost XH), de fibras de vidro (Parapost Fiber White) e de zircônia (Cerapost), na adesão a dois cimentos resinosos (Parapost Cement e Panavia F), utilizando teste de tração diametral. Realizaram três tipos de tratamento superficial: promoção de rugosidade superficial através de jateamento com óxido de alumínio ou condicionamento com ácido hidrofúorídrico; aplicação de primer (Alloy Primer, Metalprimer ou silano); e a associação entre a criação de rugosidades e a aplicação do primer ou do sistema Cojet. Após tratamento superficial, inseriram-se os pinos, de forma centralizada, em cilindros de cimento resinoso incluídos em um

molde de 4,0mm de diâmetro por 4,0mm de altura. Após quinze minutos, a partir do início da manipulação do cimento, removeram-se os espécimes do molde, armazenando-os em água à temperatura de 37°C por uma semana. Seguiu-se com o desgaste dos cilindros até obterem amostra com 3,0mm de altura. Realizou-se ensaio mecânico para determinar resistência à tração diametral do conjunto pino-cimento. Diante dos resultados alcançados, verificou-se que diversos tipos de tratamento aumentaram a união de pinos de titânio ao cimento resinoso. No entanto, a utilização somente dos primers não mostrou nenhum efeito nos valores de união. Observaram, também, que com o tipo de teste utilizado, nenhum dos tratamentos superficiais apresentou efeito sobre a adesão de pinos de fibras de vidro e os agentes cimentantes. Para os pinos cerâmicos, o tratamento com o sistema Cojet proporcionou melhora da união para os dois cimentos, enquanto que o jateamento com óxido de alumínio associado ao silano melhorou a eficiência do cimento Panavia F.

No ano de 2004, Velmurugan & Parameswaran, descreveram, através da descrição de um caso clínico, uma técnica de confecção de pino e núcleo individualizados em compósito. Para isso, realizaram modelagem do conduto com cera, seguindo-se com a moldagem do padrão obtido com elastômero e condensação da resina composta no interior deste molde, polimerizando esta. Pode-se, segundo os autores, realizar polimerização adicional do conjunto pino-núcleo após remoção do molde. Segue-se, então, com a fixação do retentor individualizado utilizando técnica adesiva, associando sistemas adesivos e cimentos resinosos. Através resultados apresentados pela técnica empregada, os autores afirmaram que este tipo de retentor mostra-se esteticamente compatível e adere-se à dentina, melhorando a distribuição de forças. Outra vantagem relatada seria a eliminação de diversas interfaces entre diferentes materiais.

Em outra abordagem restauradora para confecção de pinos estéticos individualizados, Iglesia-Puig & Arellano-Cabornero, em 2004, descreveram uma técnica utilizada para criar pinos e núcleos anatômicos (APC) reforçados com fibras. Relataram caso clínico, onde a presença de uma lesão de cárie destruiu o

apoio coronário de uma coroa metalo-cerâmica, mas preservou as margens do preparo. Para solucionar este caso, utilizaram técnica que consiste na obtenção de pino e núcleo individualizados para adaptar tanto ao canal radicular quanto à coroa já confeccionada. Utilizaram o sistema Anatomic Post'n Core (RTD), composto de um pino de fibras de quartzo, translúcido e radiopaco embebido em matriz de resina epóxica, e uma resina composta para núcleos APC Core. Para obtenção do APC, realizavam desobturação, limpeza e lubrificação do canal, seguida pela inserção do pino de fibra envolvido por compósito, realizando leve pressão para moldagem da forma do canal. Em seguida, polimerizavam o compósito via pino, removendo-o em seguida e complementando a polimerização. Realizaram o mesmo procedimento para adaptação da coroa, fixando, em seguida, o conjunto obtido através de cimentação adesiva. Pelas observações dos resultados da técnica empregada, os autores concluíram que pode-se utilizar este protocolo para readaptar coroas que deslocaram-se. Concluíram, também, que a adaptação do pino às paredes do canal radicular representa papel importante na performance biomecânica da restauração final, e que através desta técnica, podem-se obter pinos bem adaptados em sessão única.

Ao longo dos anos, tem-se estudado extensivamente a restauração de dentes tratados endodonticamente, e este tipo de tratamento ainda permanece bastante controverso. Buscando condensar as informações disponíveis na literatura a este respeito, Schwartz & Robbins, em 2004, realizaram extensa revisão de literatura, pertinente ao assunto, enfatizando os pontos principais para seleção e aplicação destes materiais. Baseados nesta revisão observaram que seguindo certos princípios básicos para reabilitação de dentes tratados endodonticamente, pode-se ter alto índice de sucesso clínico com a maioria dos sistemas disponíveis. Entre estes princípios pode-se citar a ausência de contaminação bacteriana do sistema de canais radiculares; preservação de tecido dentinário; utilização de pinos com adequada resistência e de menor diâmetro; manter adequado comprimento do pino no interior do canal; realizar abraçamento

dentinário e utilizar retentores que apresentem reversibilidade do tratamento. Os autores também relataram que o tipo de cimento utilizado influencia a retenção.

Sahafi *et al.*, em 2004b, realizaram estudo avaliando o efeito do tipo de cimento, composição do retentor, tratamento superficial e a forma do pino, na retenção destes cimentados em raízes de dentes humanos extraídos, e na morfologia do tipo de falha. Utilizaram pinos de titânio (Parapost XH), de fibra de vidro (Parapost Fiber White) e Zircônia (Cerapost), que receberam um de diversos tratamentos superficiais: jateamento com óxido de alumínio, tratamento com CoJet, aplicação do metalprimer II ou jateamento seguido pela aplicação de silano. Cimentaram estes pinos em canais de incisivos e caninos humanos, seguindo com armazenamento das amostras em água a 37°C por sete dias. Determinaram a retenção realizando a extração dos pinos em máquina de ensaio universal, analisando quantitativamente, em seguida, a morfologia de falha dos pinos extraídos através de estéreo-microscopia. Os resultados mostraram que o tipo de cimento, tipo de pino e sua forma influenciaram a retenção e morfologia de falha dos retentores. Indicaram também que pinos com formato paralelo obtiveram, significativamente, os melhores valores de retenção e, devido a limitada adesão do cimento ao canal radicular os tratamentos superficiais nem sempre conseguiram melhorar a retenção. Concluíram que a seleção do tipo do cimento representa etapa crítica para os três tipos de pinos testados e que para cada material de fixação deve-se realizar diferente tipo de tratamento superficial visando aumento da retenção.

Procurando avaliar a efetividade de retenção de cimentos resinosos, Sen *et al.*, em 2004, publicaram trabalho onde compararam a retenção de dois diferentes tipos de pinos pré-fabricados fixados ao canal radicular com quatro diferentes tipos de cimentos adesivos resinosos e um cimento de fosfato de zinco. Selecionaram cem incisivos centrais e laterais inferiores humanos, removendo suas coroas ao nível da junção amelo-cementária, dividindo-os em dois grandes grupos, de acordo com o tipo de pino utilizado (Parapost e Flexi-Post). Em seguida, dividiram os grupos em cinco subgrupos para avaliar o efeito de

diferentes cimentos (Rely X ARC, Panavia F, Parapost Cement, Flexi-Flow Natural e Adhesor). Prepararam os canais radiculares segundo instruções dos fabricantes, posicionando, então, as amostras em suporte específico para realização dos ensaios de tração, em máquina de ensaio universal à velocidade de 0,638 cm/min, até fratura do espécime. Os dados coletados mostraram retenção significativamente maior para os pinos Flexi-Post fixados com todos os tipos de cimentos. Em ambos os grupos o cimento Rely X ARC mostrou-se estatisticamente superior ao Panavia F, Parapost Cement, Flexi-Flow Natural e Adhesor, respectivamente. O cimento de fosfato de zinco mostrou-se significativamente inferior aos demais. Os autores concluíram que os cimentos resinosos aumentam significativamente a retenção de pinos pré-fabricados devido ao grande potencial de estabelecer forte adesão à dentina.

Para avaliar a resistência de união de compósitos para núcleo de polimerização dual em diferentes regiões de pinos de fibras de vidro e de quartzo utilizando diferentes tratamentos superficiais, Aksornmuang *et al.*, em 2004, utilizaram teste de microtração para mensuração da resistência de união. Para cada tipo de pino, realizaram-se quatro tipos de tratamento superficial: aplicação do sistema adesivo de polimerização dual; aplicação do sistema adesivo dual seguido de fotoativação; aplicação de silano seguido de fotoativação. Como controle, cimentaram os pinos sem tratamento superficial. Fixaram-se os pinos tratados em preparos artificiais realizados em bloco de resina. Após 24 horas de armazenamento em água realizaram oito secções com 0,6 mm de espessura para realização do teste de microtração. Avaliaram-se os segmentos superficiais, médios e profundos para todos os espécimes. Não se encontraram diferenças significativas da força de adesão para as três regiões avaliadas. Observaram melhora da adesão com a aplicação do silano. Concluiu-se que, a força adesiva entre os pinos de fibras e o material resinoso utilizado depende do tipo de pino e do tratamento superficial, independente da região do preparo avaliada.

Existem diversos métodos para avaliação da retenção de pinos intraradiculares. Com intuito de avaliar algumas destas metodologias, Goracci *et al.*

(2004) realizaram estudo comparando teste de microtração, utilizando-se amostras em formato de palito ou ampulheta, e o teste *push-out* em fatias delgadas, em sua capacidade de medir mais precisamente a adesão de pinos de fibras cimentados ao canal radicular. Selecionaram trinta dentes anteriores superiores, uniradiculares, realizando, em seguida, o tratamento endodôntico e preparo do espaço para pino cilíndrico com 1,6 mm de diâmetro e 9,0 mm de profundidade. Realizaram a cimentação de pinos de fibra de vidro (Ghimas White Posts) e confecção de núcleo de preenchimento em compósito. Em seguida, removeu-se a porção coronária dos dentes abaixo da junção amelo-cementária, perpendicularmente ao longo eixo da raiz. Dividiram os espécimes em dois grupos, de acordo com o material utilizado para cimentar os pinos: Grupo A, pinos fixados com cimento resinoso Variolink II e sistema adesivo Excite DSC; e Grupo B, pinos cimentados com RelyX Unicem. Em cada grupo, realizaram ensaios mecânicos de microtração utilizando amostras em forma de palitos e ampulheta, e do tipo *push-out*. Os resultados mostraram superioridade do grupo A em todos os testes realizados, denotando maior efetividade do cimento Variolink II. Encontraram grande número de fraturas pré-maturas e um alto coeficiente de variação das amostras onde se realizou teste de microtração com espécimes em forma de ampulheta, o que levou ao questionamento deste tipo de ensaio para aferir a resistência de união de pinos ao canal radicular. O mesmo aconteceu com espécimes em forma de palito para este tipo de teste. Para o teste *push-out*, não houve falhas prematuras, o que permitiu que cada amostra pudesse ser analisada, e a variabilidade dos dados mostrou-se limitada. Segundo os autores, este tipo de teste parece ser capaz de registrar, mais realisticamente, os baixos níveis de resistência de união para ambos os materiais utilizados para fixação dos pinos. Concluíram que, levando-se em conta a relativa baixa resistência de união entre pino e dentina, o teste *push-out* parece mostrar-se mais preciso e realístico para mensurar a união entre pinos de fibras e a dentina intra-radicular.

Em setembro de 2004, Mitsui *et al.* (2004) publicaram trabalho onde avaliaram, *in vitro*, a resistência à fratura de raízes bovinas restauradas com cinco

diferentes sistemas de pinos intra-radulares. Selecionaram-se 75 raízes bovinas com dimensões similares, dividindo-as igualmente em cinco grupos, de acordo com o sistema de pinos utilizados: núcleo metálico fundido; pino de titânio; pino de fibra de carbono; pino de fibra de vidro; e pino de óxido de zircônio. Realizaram preparo do espaço para os pinos, seguindo com a cimentação destes, confecção do núcleo em compósito, e posterior inclusão das raízes em cilindros de resina de poliestireno. Submeteram os corpos de prova ao teste de resistência à fratura, realizando força de compressão em angulação de 135° em relação ao longo eixo radicular, com velocidade de 0,5 mm/min. Analisou-se estatisticamente os dados obtidos. Pinos de titânio apresentaram os maiores valores de resistência à fratura quando comparado aos pinos de fibra de vidro e óxido de zircônia, e valores similares aos de fibra de carbono. Encontraram, também, que os núcleos metálicos fundidos apresentaram resultados estatisticamente semelhantes aos pinos pré-fabricados. Concluiu-se que todos os pinos pré-fabricados apresentaram comportamento semelhante aos núcleos metálicos fundidos. Entre os pinos pré-fabricados, os autores indicaram, como melhor opção, os pinos de titânio e fibra de carbono.

Para avaliar a performance de dois sistemas de fixação resinosos, fotopolimerizáveis e de polimerização dual (controle), utilizados em combinação com um pino de fibra translúcido, Giachetti *et al.* (2004) realizaram ensaio mecânico *pull-out* e análise através de microscopia eletrônica de varredura. Selecionaram-se quarenta dentes tratados endodonticamente, divididos igual e aleatoriamente em dois grupos. O grupo 1 recebeu sistema fotopolimerizável, utilizando sistema adesivo Excite e resina fluída Tetric Flow. Já o grupo 2 recebeu tratamento com sistema de polimerização dual, constituído do sistema adesivo All Bond 2 e cimento resinoso RelyX ARC. Cimentaram-se pinos de fibras de dupla conicidade (2,1 e 1,4 mm de diâmetro), armazenando-os, em seguida, em solução salina 0,9% à temperatura de 37°C por uma semana. Seguiu-se com o ensaio mecânico *pull-out* para metade dos espécimes de cada grupo e prepararam o restante para análise microscópica. Analisou-se estatisticamente os resultados

através de análise de variância unifatorial seguida pelo teste T para comparação de médias ($p < 0,05$). Não se encontraram diferenças entre os dois grupos estudados na resistência ao deslocamento, e as observações em microscopia mostraram boa adesão entre pino e dentina para ambos os sistemas testados. Concluiu-se que a escolha por sistemas de polimerização dual ainda representa a forma mais indicada para cimentação de pinos. Por outro lado, discutiu-se, também, que sistemas fotoativados poderiam promover selamento apical mais efetivo assim como uma melhor distribuição de forças ao longo das paredes do canal radicular.

Grandini *et al.*, em 2005a, avaliaram a resistência à fadiga de diferentes tipos de pinos de fibras e suas ultra-estruturas antes e após o teste de resistência à fadiga. Dividiram-se oito grupos, de quinze elementos cada, segundo o tipo de pino de fibras testado. Utilizaram-se dez dos quinze pinos de cada grupo para teste de fadiga, preparando os restantes para análise em microscopia eletrônica de varredura. Para fadiga, empregou-se carregamento em máquina de flexão de três pontos com angulação de 90° em frequência de 3 Hz, até completar dois milhões de ciclos ou até fratura do pino. O ensaio mecânico mostrou diferenças significativas entre os diferentes tipos de pino. Apenas duas marcas comerciais agüentaram, praticamente, todo o ciclo imposto pela metodologia, enquanto todos os outros fraturaram antes do final do teste. As observações em microscopia eletrônica da integridade superficial mostraram a presença de algumas falhas nas seções transversais e longitudinais dos pinos. Baseados nos resultados observados, concluiu-se que existe grande variação na resposta dos diferentes tipos de pinos de fibras ao teste de fadiga. Discutiu-se que a presença de falhas poderia comportar como região de propagação de trincas, podendo levar à fratura do material. Em contrapartida, não se encontrou correlação entre os resultados do ensaio de fadiga e os parâmetros observados na integridade estrutural dos materiais.

Uma das propriedades desejáveis de pinos pré-fabricados é sua radiopacidade. Em face disto, Soares *et al.* (2005) conduziram trabalho

comparando, através de radiografias digitais, os níveis de radiodensidade de sete sistemas de pinos pré-fabricados inseridos em canais de dentes bovinos. Selecionaram-se três tipos de pinos metálicos (Flexi-Flange, Radix-Anker e FKG), um pino de zircônia (Cosmopost), um tipo de pino de fibra de carbono (C-Post), um pino de fibra de carbono coberto com quartzo (Æsthetic Post), e um pino de fibra de vidro (Fibrekor Post). Analisaram-se estes pinos, através do sistema de radiografia digital Digora, inseridos ou não no interior do conduto radicular de raízes bovinas, avaliando a radiodensidade nos terços radiculares cervical, médio e apical. Os resultados mostraram que esta propriedade depende da composição do material do pino. Encontraram-se diferenças significativas entre os terços radiculares observados para todos os pinos testados. Entre os sistemas de pinos, também encontraram-se diferenças estatísticas, onde os pinos de zircônia apresentaram os maiores valores de radiodensidade, seguidos pelos pinos metálicos, de fibra de carbono, fibra de vidro e fibra de carbono coberto com quartzo. Este resultados indicam que pinos com comportamento biomecânico mais favorável apresentam baixos níveis de radiodensidade.

Visando analisar a união entre pinos de fibras pré-fabricados e núcleos de resina composta, Goracci *et al.* (2005a) realizaram pesquisa mensurando a adesão entre dois tipos de retentores de fibras (FRC Postec e Light-Post) e dois tipos de compósitos fluídos (UnifilFlow e Tetric Flow), utilizados como material para núcleo, com e sem tratamento superficial dos pinos com silano (Monobond-S). Testaram-se todas as combinações de tratamento entre os materiais, realizando, então, a medida da resistência de união através do teste de microtração. Analisou-se estatisticamente os dados coletados através de análise de variância em dois níveis, e encontrou-se que somente a silanização dos pinos aumentou significativamente os valores de adesão, bem como diminuiu o desvio padrão das amostras.

Em outro trabalho publicado em 2005b, Goracci *et al.* testaram a efetividade do uso de sistemas adesivos associados a cimentos resinosos em melhorar a retenção de pinos de fibras fixados em dentes tratados

endodonticamente. Utilizaram 36 dentes humanos uniradiculares, que tiveram a porção coronária removida 2,0 mm aquém da junção amelo-cementária. Realizou-se tratamento endodôntico das raízes, removendo, após 24 horas, a guta-percha das regiões cervical e média do canal radicular, realizando preparo do espaço para cimentação do pino com brocas de tamanho equivalente ao diâmetro deste. Dividiram-se os espécimes em dois grandes grupos, de acordo com o tipo de cimento utilizado (Variolink II ou Panavia 21), dividindo estes em dois subgrupos, onde se testaram o uso ou não do sistema adesivo correspondente ao cimento em questão (adesivo de condicionamento ácido total Excite DSC ou adesivo auto-condicionante ED Primer). Para cimentação dos pinos, realizou-se silanização destes em todos os grupos. Armazenaram-se as amostras em água por 24 horas, seccionando, em seguida, as raízes transversalmente em quatro a seis fatias com 1,0 mm de espessura para realização do teste *push-out*, através de célula de carga com extremidade cilíndrica de 1,0 mm de diâmetro, à velocidade de 0,5 mm/min até deslocamento do pino. Os resultados mostraram diferenças estatísticas entre os dois grupos, onde os corpos de prova cimentados com Variolink II apresentaram-se superiores àqueles cimentados com Panavia 21. Dentro dos grupos, não se encontraram diferenças para o uso ou não do sistema adesivo, o que os autores atribuíram à remoção incompleta da *smear layer* e presença de regiões de falhas na interface adesiva. Com base nestas observações, hipotetizou-se que a resistência ao deslocamento de pinos de fibras cimentados ao canal radicular depende bastante da resistência friccional desenvolvida pela adaptação do conjunto às paredes do conduto.

Para comparar a distribuição de forças na dentina e na camada de cimento de incisivos superiores tratados endodonticamente, Lanza *et al*, em 2005, realizaram análise de elementos finitos (FEA) para discutir o papel da rigidez dos pinos e cimentos utilizados na restauração deste dentes. Montou-se modelo tridimensional de elementos finitos de um incisivo central superior, simulando, sobre ele, a aplicação de força estática de mastigação de 10N com angulação de 125° em relação ao longo eixo do dente. Simulou-se a utilização de pinos de aço e

fibras de carbono e de vidro fixados com cimentos com diferentes módulos de elasticidade, variando de 7 a 22 GPa. As análises dos modelos obtidos mostraram que em sistemas com maior rigidez, como pinos de aço e fibra de carbono, a distribuição de forças mostra-se contrária à função natural do dente, criando zonas de tração e cisalhamento na dentina e na interface entre cimento e pino. Com carregamento estático em nível fisiológico, o stress não atingiu o limite estrutural do esmalte e da dentina. Por outro lado, os sistemas testados diferenciaram-se significativamente em como respondem e se sustentam ao carregamento até fadiga. Os autores também observaram que a influência da elasticidade do cimento na distribuição de forças mostra-se menos relevante à medida que a elasticidade dos pinos utilizados aumenta.

Em agosto de 2005, Tay *et al.* publicaram trabalho onde avaliaram, através de um modelo teórico, os fatores geométricos que afetam a adesão à dentina radicular. Para isso, examinaram-se importantes variáveis que influenciam a união entre materiais obturadores adesivos e as paredes do canal radicular, utilizando modelo de tronco de cone invertido. Encontrou-se que, para um canal preparado com lima endodôntica tamanho 25, com 20 mm de profundidade, o fator-C calculado variou de 46 a 23.461, dependendo da espessura do cimento (500 a 1 μ m, respectivamente), e, quando este fosse preenchido apenas por cimento, encontrou-se valor do fator-C de 32. Baseados em suas observações, os autores concluíram que a interação entre o fator-C e o stress de polimerização predispõe que a união entre cimentos adesivos e dentina seja altamente desfavorável no interior do conduto radicular.

O aumento da popularidade do uso de pinos de fibra para restaurar dentes tratados endodonticamente vem modificando inevitavelmente os procedimentos de fixação destes. Desta forma, Grandini *et al.* (2005b) realizaram trabalho verificando a efetividade da técnica de reembasamento de pinos de fibras com compósito (pinos anatômicos) para uniformizar e diminuir a linha de cimentação, comparando-os com os mesmos pinos apenas cimentados, através de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Selecionaram-se vinte dentes

superiores uniradiculares, realizando tratamento endodôntico destes para posterior preparo dos canais radiculares para recebimento dos pinos. Realizou-se este preparo com brocas fornecidas pelo fabricante dos sistemas de pinos, com profundidade de 9,0 mm, e em seguida, dividiram-se as amostras em dois grupos com dez elementos cada. Para o grupo 1, que atuou como controle, realizou-se tratamento da superfície dentinária através do condicionamento ácido total e aplicação do sistema adesivo One Step, seguido da fixação do pino de fibra com cimento resinoso de polimerização dual Duo-Link. Já para o grupo 2, primeiramente procedeu-se com o reembasamento do pino de fibra com resina composta, realizando, previamente, a lubrificação do canal com gel de glicerina, seguida pelo recobrimento do pino com compósito e inserção do conjunto no interior do conduto, para modelagem deste, fotoativando-o por vinte segundos. Em seguida, removeu-se o pino reembasado para finalização da polimerização realizando, posteriormente, o teste para verificar adaptação do sistema. Prosseguiu-se com a limpeza do conduto, seguida do tratamento da superfície radicular e cimentação do retentor da mesma forma que para o grupo 1. Finalizados os procedimentos restauradores, processaram-se as amostras para mensuração da linha de cimentação em MEV. Os resultados mostraram que o grupo de pinos anatômicos apresentou linha de cimentação significativamente menor e mais uniforme nas regiões cervical e média da raiz. Em ambos os grupos, detectaram-se falhas e bolhas no interior do material de cimentação, no compósito utilizado para reembasamento e entre pino e cimento. Concluiu-se que a técnica de reembasamento mostra-se efetiva na diminuição da linha de cimentação, em todos os espécimes, nos terços cervical e médio, excetuando-se o terço apical, que não apresentou diferença estatística com a mesma região do grupo controle. Relatou-se, também, que a técnica utilizada aumenta em muito pouco o tempo clínico sendo de fácil execução.

Empregam-se, rotineiramente, pinos de fibra, fixados ao canal radicular através de cimentos resinosos para restauração de dentes endodonticamente tratados, tornando importante a avaliação de sistemas de ancoragem intra-

radicular. Desta forma Goracci *et al.*, em 2005c, avaliaram a resistência interfacial de adesão e ultra-estrutura desta interface obtida utilizando três diferentes sistemas de cimentação. Para isso, selecionaram-se 27 dentes humanos uniradiculares, removendo suas coroas e realizando tratamento endodôntico. Preparou-se espaço para os pinos com 9 mm de profundidade e 1,3 mm de diâmetro nos canais radiculares para receberem pino de fibra de vidro translúcido (FRC Postec). Dividiram-se as amostras em três grupos, com nove elementos cada, de acordo com o cimento utilizado: Excite DSC/ Variolink II, ED Primer/Panavia 21 e RelyX Unicem. Após a fixação dos pinos, armazenaram-se as amostras em água por 24 horas à temperatura ambiente, para então conduzir-se o ensaio mecânico *push-out* e avaliação através de microscopia eletrônica de transmissão (MET). Em cada grupo, utilizaram-se sete amostras para teste mecânico e duas para processamento em microscopia. De acordo com os resultados obtidos, observou-se que os pinos fixados com o cimento resinoso Variolink II apresentaram resistência interfacial significativamente superior ($10,18 \pm 2,89$ MPa) ao Panavia ($5,04 \pm 2,81$ MPa) e ao RelyX Unicem ($5,01 \pm 2,63$ MPa), enquanto os últimos apresentaram-se estatisticamente semelhantes. As imagens da MET da interface entre dentina intra-radicular e o cimento Variolink II revelaram que se removeu toda *smear layer*, formando camada híbrida com 8 a 10 μm de espessura. Nos espécimes dos outros grupos, não se observou remoção completa da *smear layer* nem da *smear plug*, e encontraram-se falhas entre a camada híbrida e a camada de adesivo para o Panavia 21 e entre a *smear layer* e a dentina subjacente para o RelyX Unicem. Concluiu-se que o potencial adesivo dos cimentos que utilizam condicionamento ácido total mostrou-se mais efetivo. Afirmou-se, também, que os monômeros resinosos acídicos, responsáveis pelo condicionamento do substrato nos cimentos Panavia 21 e RelyX Unicem mostraram-se incapazes de remover efetivamente a espessa *smear layer* formada na dentina intra-radicular durante o preparo do espaço para o pino.

Realiza-se rotineiramente na prática clínica a restauração de dentes tratados endodonticamente, existindo muitas opções terapêuticas para este fim,

que levam em consideração diversos fatores, buscando promover propriedades mecânicas otimizadas, longevidade e estética. Baseados neste princípio, Grandini *et al.* (2005c) realizaram trabalho clínico longitudinal, avaliando o uso de pinos de fibras associados a compósitos para restaurar dentes tratados endodonticamente. Selecionaram 38 dentes anteriores e 62 posteriores. O protocolo restaurador utilizado incluiu tratamento endodôntico, a cimentação de pinos de fibras translúcidos aderidos ao canal radicular utilizando adesivo simplificado e um cimento resinoso de polimerização dual, e a restauração com resina composta micro-híbrida de uso direto. Para avaliar o tratamento, marcou-se retorno dos pacientes após 6, 12, 24 e 32 meses, avaliando as restaurações de acordo com parâmetros clínicos e radiográficos pré-determinados. Baseados nos resultados coletados, após 30 meses de atividade clínica, todos os dentes restaurados com pinos de fibras e resinas compostas mostraram resultados clínicos favoráveis e, os autores puderam concluir que a associação destes retentores com compósitos é uma opção de tratamento viável que, a curto prazo, conserva estrutura dentária sadia e permite ao paciente conservar a sua função.

As expectativas dos pacientes em relação à estética tanto anterior quanto posterior têm aumentado, havendo, com isso, o crescimento do uso de restaurações indiretas em cerâmica e resina composta. Observando isso, Ozturk *et al.* em 2005, realizaram estudo para verificar o grau de conversão e a dureza superficial de um cimento resinoso sob restaurações cerâmicas utilizando três diferentes unidades fotoativadoras e diferentes técnicas de fotoativação. Para isso, utilizou-se cimento resinoso de ativação dual, polimerizado sob um bloco cerâmico de 2 mm de espessura e 5 mm de diâmetro. Após a fase de polimerização, armazenaram-se as amostras para posterior teste de dureza Vickers e análise do grau de conversão. Os resultados mostraram não existir grandes diferenças entre as técnicas e aparelhos testados, onde somente em uma delas houveram resultados significativamente superiores.

Pirani *et al.* publicaram estudo, em dezembro 2005, visando testar a hipótese de que a hibridização da dentina intra-radicular eliminaria *gaps*

interfaciais, o que poderia melhorar o selamento coronário e a retenção de dentes restaurados com pinos de fibras. Selecionaram-se quarenta incisivos humanos, uniradiculares, que receberam tratamento endodôntico e posterior preparo do espaço para o pinos. Dividiram-se as amostras aleatoriamente em quatro grupos, segundo o tipo de tratamento realizado e tipo de pino de fibra: grupo 1 recebeu pinos Tech 2000, cimentados com cimento resinoso RelyX ARC associado ao sistema adesivo Single Bond sem polimerização prévia à cimentação; grupo 2 recebeu os mesmos materiais do grupo 1, variando somente que o sistema adesivo recebeu polimerização prévia à cimentação; os grupos 3 e 4 receberam pinos Endopost com os mesmos tratamentos e materiais utilizados para os grupos 1 e 2, respectivamente. Após realização da cimentação dos pinos, seccionaram-se longitudinalmente as raízes para avaliação da hibridização nos terços radiculares coronário e médio. Obtiveram-se réplicas em resina epóxica das interfaces para análise em microscopia eletrônica de varredura. As análises mostraram que apesar da hibridização não ser comprometida pelo fato de se fotoativar ou não o sistema adesivo previamente à cimentação do pino, a ocorrência de *gaps* interfaciais na camada híbrida em todas as amostras reflete o desafio à adesão promovido por espaços delgados, que promovem alto fator-C. Em face disto, concluiu-se que o sucesso clínico associado ao uso de pinos de fibras aderidos ao canal radicular está predominantemente ligado à retenção friccional.

Em janeiro de 2006, Monticelli *et al.* publicaram trabalho a respeito de uma técnica para melhorar a retenção de pinos de fibra às resinas compostas. A união de pinos de fibras aos compósitos é marcada pela ausência da união química entre resina epóxica e resinas baseadas em metacrilato. Esse estudo examinou um protocolo clinicamente viável para criar retenção micromecânica na superfície de pinos fibras, utilizando condicionamento com peróxido de hidrogênio para remover a camada superficial de resina epóxica. Após, realiza-se silanização das fibras de quartzo expostas para aumentar sua ligação química com compósitos. O condicionamento com o peróxido de hidrogênio a 24% por dez minutos ou a 10% por vinte minutos produziu uma zona desprovida de resina

epóxica com 50 μm , deixando intactas fibras de quartzo para silanização. Empregaram-se compósitos de baixa viscosidade para infiltrar esta zona, simulando a criação de camadas híbridas em dentinas condicionadas por ácido, por adesivos dentinários. Houve aumento da resistência interfacial com o uso do condicionamento com peróxido de hidrogênio e a silanização. Os autores também observaram que este aumento de resistência pode, provavelmente, ser influenciado pela capacidade dos compósitos fluidos utilizados de penetrarem completamente nesta zona de interdifusão.

As diferentes composições de pinos estéticos podem influenciar na adesão entre estes aos vários tipos de cimentos utilizados para fixá-los. Para analisar a efetividade de alguns tratamentos superficiais prévios à fixação de pinos pré-fabricados, Bitter *et al.*, em 2006, publicaram trabalho onde avaliaram, em um primeiro momento, os efeitos de vários tratamentos da superfície de pinos de óxido de zircônio na resistência de união entre estes e um cimento resinoso fosfatado (Panavia F). Em um segundo momento, investigaram a adesão de vários tipos de cimentos à superfície de um tipo de pino de fibra de vidro e um pino de óxido de zircônio. Para primeira parte, testou-se o efeito de tratamento superficial dos pinos cerâmicos com jateamento com óxido de alumínio, sistema CoJet, e sistema Rocatec, comparando-os com grupo controle, onde não se realizou nenhum tipo de preparo superficial. Para avaliação da segunda parte da pesquisa, utilizaram-se pinos de fibras de vidro e pinos de óxido de alumínio, tratados superficialmente com sistema CoJet e silanização, seguidos pela fixação com os seguintes cimentos: Panavia F, Multilink, Variolink, PermaFlo DC, RelyX Unicem, Clearfil Core e Ketac Cem, sendo este último somente utilizados com o pino cerâmico. Cimentaram-se todos os pinos em preparos artificiais, realizando, em seguida, teste *push-out* e avaliação em microscopia eletrônica de varredura para observar a resistência de união e o efeito dos tratamentos superficiais na morfologia dos pinos de zircônio. Os resultados mostraram que a força de adesão depende, significativamente, do tipo de material do pino e cimento utilizados. A união de todos os cimentos à superfície dos pinos de fibras mostrou-se

estatisticamente superior aos pinos cerâmicos, exceto para os cimentos Multilink e PermaFlo DC. Todos os tratamentos superficiais testados aumentaram significativamente a resistência de união aos pinos cerâmicos. De posse destes resultados, concluiu-se que para fixar pinos estéticos, deve-se analisar o tipo de tratamento superficial, tipo de material e cimentos utilizados, pois todos afetam diretamente a resistência de união destes materiais.

Com o intuito de avaliar o efeito da expansão higroscópica na resistência à extrusão de cimentos de ionômero de vidro utilizados para cimentar pinos de fibra de vidro, Cury *et al.*, em 2006, compararam cinco tipos de cimentos: dois cimentos resinosos, RelyX ARC e Unifil Core; um cimento de ionômero de vidro convencional, Ketac Cem; e dois cimentos de ionômero de vidro modificados por resina, GC Fuji Plus e GC Fuji CEM. Cimentaram-se os pinos de fibra de vidro ao canal preparado, com 9 mm de profundidade. Para cada tipo de cimento utilizado, mantiveram espécimes armazenados em água, sendo este o grupo experimental, e em óleo mineral, definido como grupo controle. Realizaram-se cortes transversais da região radicular em que se cimentou o pino obtendo fatias para serem utilizadas em ensaio mecânico *push-out*. Os resultados não mostraram diferenças entre as tensões de retenção para os cimentos resinosos armazenados em água ou em óleo. Contrariamente, os cimentos de ionômero de vidro convencionais e modificados por resina exibiram maior resistência à extrusão após absorção de água. Baseados nos resultados, os autores afirmaram que um fator de configuração cavitária desfavorável é determinante na integridade da camada adesiva em canais radiculares, e que uma estratégia baseada no aumento da resistência friccional ao deslocamento do pino poderia ser uma abordagem mais eficaz na retenção de pinos de fibra.

Existem diversos novos sistemas de pinos de fibras de vidro disponíveis no mercado, mas pouco se sabe sobre como estes se aderem à superfície dentinária radicular. Com base nesta observação, Kalkan *et al.* (2006) compararam a força de união entre três tipos de pinos de fibras de vidro (opaco, translúcido e fibras E-glass) em três regiões do preparo radicular. Selecionaram-

se sessenta dentes humanos uniradiculares, removendo suas coroas e padronizando o comprimento das raízes em 14 mm. Trataram-se endodonticamente as amostras, dividindo-as, em seguida, em três grupos segundo o tipo de pino utilizado, e cada um destes em dois subgrupos, de acordo com o tempo de armazenagem previamente ao teste (24 horas e uma semana). Realizaram-se preparos padronizados do espaço para os pinos para todos os grupos com 10 mm de profundidade e 1,2 mm de diâmetro. Fixou-se cada sistema de retentor segundo recomendações dos fabricantes utilizando sistema adesivo auto-condicionante (Clearfil Liner Bond) e cimento resinoso (Panavia F), ambos de polimerização dual. Incluíram-se as raízes em cilindros que não permitiam a passagem de luz, realizando fotoativação pela região cervical. Armazenaram-se as amostras em embalagens que não permitiam a passagem de luz pelos tempos estipulados para avaliação, seguindo-se com o corte transversal das raízes em seis segmentos com 1,0 mm de espessura, obtendo-se dois para cada região radicular (cervical, média e apical), realizando, então, ensaio mecânico *push-out* para avaliar a resistência de união dos pinos cimentados. Encontraram-se valores significativamente diferentes para os tipos de pinos estudados, onde os pinos translúcidos mostraram-se estatisticamente inferiores. Avaliando os segmentos radiculares, não se encontraram diferenças entre os tempos de armazenagem avaliados, e para os tipos de pinos, os segmentos cervicais mostraram-se significativamente superiores aos terços médio e apical, exceto pelos pinos opacos, onde não se observaram diferenças entre os terços cervical e médio.

Baldissara *et al.*, realizaram estudo em 2006 para avaliar o efeito de soluções irrigadoras e cimentos endodônticos na resistência retentiva, através de teste *push-out*, de pinos de fibra submetidos à ciclagem mecânica ou não. Para isso, selecionaram-se cinquenta dentes humanos uniradiculares, que receberam tratamentos endodônticos variados, sendo então divididos em cinco grupos, de acordo com o tipo deste tratamento realizado: água destilada; hipoclorito de sódio 5% e cimento de óxido de zinco e eugenol; hipoclorito de sódio 5% e cimento endodôntico resinoso; hipoclorito de sódio 5%, EDTA 10% e cimento de óxido de

zinco e eugenol; e hipoclorito de sódio 5%, EDTA 10% e cimento endodôntico resinoso. Cimentaram-se os pinos utilizando compósito fluído auto-polimerizável e sistema adesivo de três passos. Submeteu-se metade das amostras de cada grupo à ciclagem mecânica, seguindo-se com a obtenção das secções radiculares para o teste *push-out* de todas as amostras. Encontraram-se os menores valores de retenção para o grupo que recebeu ciclagem mecânica e tratamento endodôntico com cimento a base de eugenol. Não se observaram diferenças entre os grupos que não receberam ciclagem mecânica. Relatou-se, também, que a interface entre pino e cimento mostrou-se mais fraca do que a interface entre cimento e dentina, no entanto, a ciclagem mecânica aumentou a ocorrência de falhas nesta última. Concluiu-se que dever-se-ia evitar cimentos que contenham eugenol, pois reduziram a retenção quando submetidos à ciclagem mecânica, devendo-se, então, priorizar o uso de cimentos endodônticos resinosos.

No ano de 2006, Wu *et al.* investigaram a efetividade de dois materiais restauradores em reforçar raízes com pouco remanescente dentinário e aumentar a resistência de união, através do teste de microtração às paredes do canal. Utilizaram-se 21 raízes de incisivos centrais superiores tratados endodonticamente. Realizou-se amplo preparo do canal radicular até deixar, aproximadamente, paredes dentinárias com 1,0 mm de espessura, e em formato cônico, dividindo-se as raízes em três grupos com igual quantidade de elementos. Confeccionaram-se, para o grupo 1, núcleos metálicos fundidos (NMF); para o grupo 2, preencheu-se a raiz com resina composta ativada quimicamente (Bis-Core) previamente à confecção de NMF de pequeno diâmetro e cônico; e para o grupo 3, preencheu-se o canal com cimento de ionômero de vidro (ChemFil Superior), realizando, posteriormente, o NMF como para o grupo 2. Realizou-se teste de microtração e observações em microscopia óptica e de força atômica para avaliação da adesão entre os materiais restauradores utilizados e a dentina radicular. Os resultados mostraram que a resina composta utilizada melhorou, significativamente, a resistência à fratura das raízes debilitadas, bem como a resistência de união às paredes dentinárias do canal radicular. Com isso, os

autores puderam concluir que a utilização de uma camada de resina composta entre o NMF e as paredes radiculares, além de proporcionarem diminuição do diâmetro do pino a ser utilizado, aumenta significativamente a resistência à fratura de raízes severamente comprometidas.

3. PROPOSIÇÃO

Diante dos aspectos levantados na revisão de literatura, este estudo objetivou avaliar a resistência ao cisalhamento por extrusão, por meio do teste *push-out*, de pinos intra-radiculares pré-fabricados de fibra de vidro, reembasados com compósito ou não e cimentados com cimento à base de resina, avaliando os terços cervical, médio e apical de raízes bovinas.

4. METODOLOGIA

4.1. MATERIAIS

Para confecção dos corpos-de-prova, utilizaram-se retentores intra-radulares pré-fabricados cilíndricos e serrilhados de fibra de vidro Fibrekor Post nº 2, com 1,25 mm de diâmetro (Pentron Corp., Wallingford, USA). Utilizou-se também sistema adesivo simplificado, Adper Single Bond (3M-ESPE, St. Paul, USA) associado ao agente silano RelyX Ceramic Primer (3M-ESPE, St. Paul, USA) e cimento resinoso de ativação dual Rely-X ARC (3M-ESPE, St. Paul, USA) para fixação dos retentores. Para o grupo em que se realizou o reembasamento dos pinos pré-fabricados utilizou-se a resina composta micro-híbrida Filtek P-60 (3M-ESPE, St. Paul, SA).

4.2. MÉTODO

4.2.1. Delineamento experimental

Delineou-se o experimento em esquema fatorial (2 x 3), avaliando-se os fatores tratamento, em dois níveis, cimentados e reembasados; e terço radicular em três níveis, cervical, médio e apical. Analisou-se a resistência ao cisalhamento por compressão de retentores intra-radulares, reembasados ou não, cimentados em raízes de incisivos bovinos. Obteve-se como variável de resposta a resistência ao cisalhamento verificada em vinte unidades experimentais distribuídas entre os tratamentos em delineamento inteiramente ao acaso.

4.2.2. Seleção e preparo das raízes

Coletou-se 450 dentes incisivos bovinos recém extraídos com raízes retas e livres de trincas, armazenados em timol a 0,5% após limpeza com curetas

periodontais. Numerou-se, então, os dentes realizando em seguida a mensuração dos dentes em sua porção radicular em três regiões, cervical (RC), média (RM) e apical (RA), nos sentidos méso-distal (Rx1) e vestibulo-lingual (Rx2), e comprimento total da raiz (RT), utilizando paquímetro digital Mitutoyo (figuras 1A e 1B). Após esta análise, selecionaram-se vinte dentes com dimensões mais próximas da mediana. Calculou-se também as médias das dimensões dos dentes, anteriormente obtidas, para verificar a distribuição normal das amostras entre os grupos.

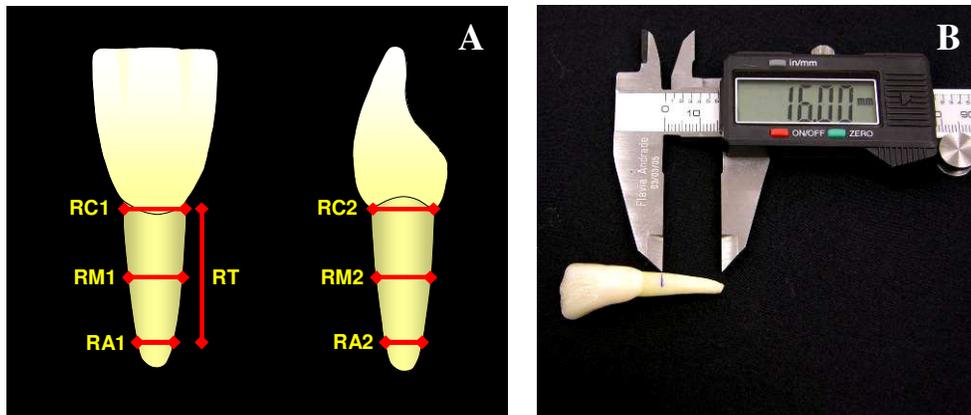


Figura 1. Medidas realizadas nos dentes coletados, para padronização da amostra.

Em seguida, removeu-se a porção coronária dos dentes, utilizando disco diamantado (KG Sorensen, São Paulo, Brasil), padronizando o comprimento das raízes em 16 mm (Newman *et al.*, 2003) (figura 2A). Removeu-se a polpa dos condutos radiculares utilizando-se limas endodônticas tipo K (Dentsply-Maillefer, Tulsa, USA), da primeira série até a numeração 30, sob abundante irrigação com hipoclorito de sódio a 1,0% para suspensão da matéria orgânica. Após esta etapa, numerou-se as raízes (figura 2B), mantendo-as imersas em água destilada a 37° C em estufa por três dias.

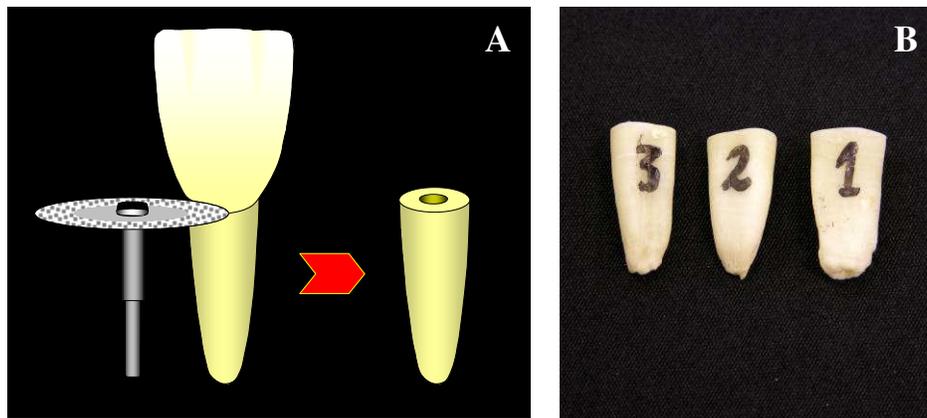


Figura 2. Secção da porção coronária e numeração das raízes selecionadas

4.2.3. Inclusão das raízes

Para inclusão das raízes, inicialmente obteve-se cilindros de PVC com 20 mm de diâmetro por 25 mm de altura, fixando estes a uma película radiográfica utilizando-se cera rosa 7. Fixou-se a raiz à haste de um delineador protético (BioArt, São Carlos, Brasil) com auxílio de broca Gates Gliden (Dentsply-Maillefer, Tulsa, USA) e cera utilidade, de modo que o canal radicular ficasse perpendicular a platina do delineador. Após esta fixação, colocou-se o cilindro de PVC centralizando este na base do delineador e preenchendo-o com resina acrílica autopolimerizável. Após o preenchimento com resina, baixou-se a haste até que a região cervical radicular ficasse nivelada com a superfície de resina acrílica (figuras 3A e 3B). Aguardado o tempo de polimerização da resina acrílica, removeu-se o conjunto raiz-resina do tubo de PVC, realizando a numeração do cilindro de resina segundo a numeração prévia da raiz (figuras 4A e 4B).

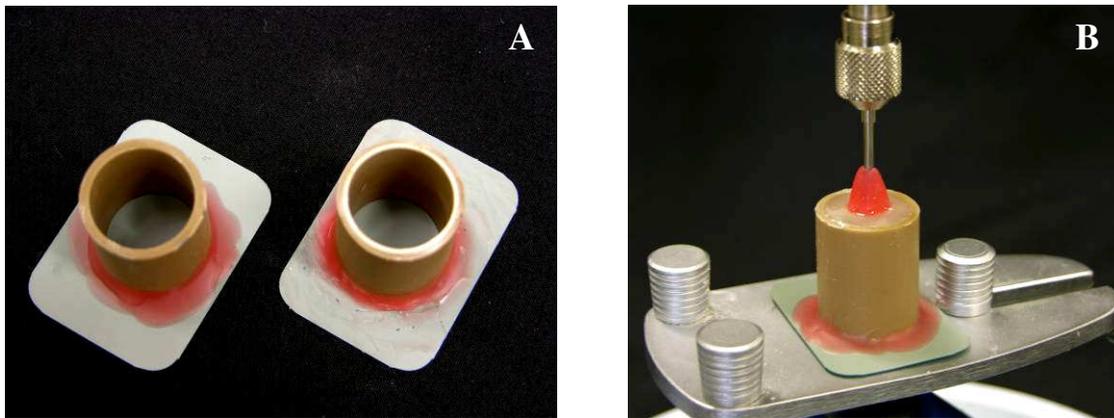


Figura 3. A) Fixação dos cilindros de PVC em película radiográfica. B) Inserção da raiz no cilindro preenchido com resina acrílica incolor.

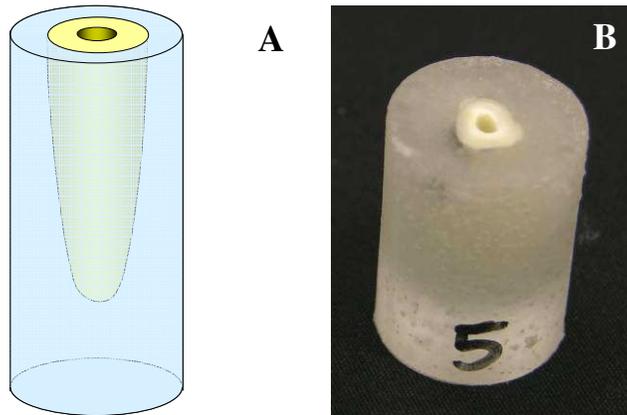


Figura 4. A) Esquema da raiz incluída em cilindro de resina. B) Raiz numerada após inclusão.

4.2.4. Tratamento endodôntico

Instrumentaram-se os dentes mecanicamente com comprimento de trabalho localizado 1 mm aquém do forame apical com batente apical realizado com lima 35. Realizou-se técnica escalonada regressiva com limas de aço inoxidável K-files (Dentsply-Maillefer, Tulsa, USA) de 25 a 55 e brocas Gates Glidden (Dentsply-Maillefer, Tulsa, USA) números 2, 3 e 4 (Barnabé, 2003), com irrigação de hipoclorito de sódio a 2,5%. Obturaram-se as raízes preparadas com guta-percha e cimento à base de resina AH-26 (Dentsply-Maillefer, Tulsa, USA).

Após o tratamento endodôntico, armazenaram-se as raízes em água destilada a 37°C por 48 horas.

4.2.5. Preparo dos canais radiculares

Para padronização dos preparos dos condutos radiculares utilizou-se inicialmente broca de Gates-Glidden número 5, seguida pela utilização da broca Largo número 5 (Dentsply-Maillefer, Tulsa, USA), ambas levadas, em baixa rotação, até a profundidade de 9 mm, distância esta limitada por *stops* de borracha. Após esta etapa, utilizou-se a ponta diamantada 4138 (KG Sorensen, São Paulo, Brasil) seguida da ponta de número 4137 (KG Sorensen, São Paulo, Brasil), ambas em alta rotação sob abundante irrigação com água, para obtenção do alargamento e conicidade dos preparos (figura 5).

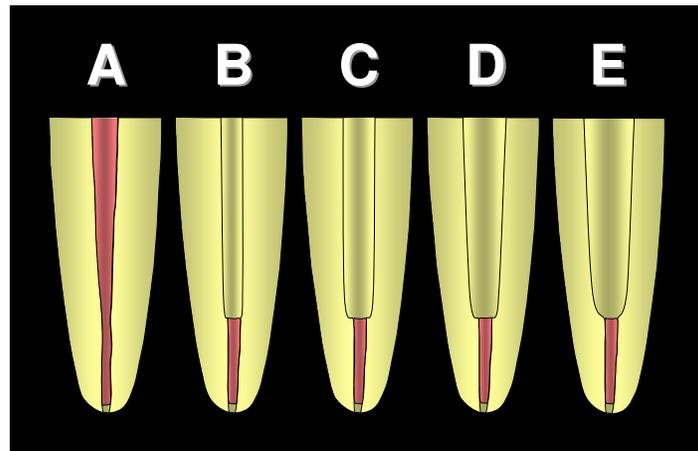


Figura 5. Esquematização da sequência de preparo dos condutos radiculares: A) conduto sem preparo. B) preparo com broca Gates nº 5. C) preparo com broca Largo nº 5. D) preparo com ponta diamantada 4138. E) preparo com ponta diamantada 4137.

4.2.6. Divisão dos grupos experimentais

Após o preparo dos canais radiculares e inclusão das raízes, estas foram distribuídas, previamente numeradas, através de sorteio, em dois grupos

com dez amostras, ficando a divisão destes da seguinte maneira: grupo 1 constituiu-se de retentores cimentados sem reembasamento com resina composta, e grupo 2 constituiu-se de retentores cimentados reembasados com resina composta.

4.2.7. Cimentação dos retentores intra-radulares

4.2.7.1. GRUPO 1 – pinos cimentados

Preparo da superfície dos retentores de fibra de vidro

Inicialmente, realizou-se o condicionamento da superfície dos pinos de fibra de vidro com ácido fosfórico a 35% (3M-ESPE, St. Paul, USA) por 20 segundos visando à limpeza superficial (figura 6A). Em seguida, realizou-se lavagem abundante com água e secagem, seguida pela aplicação, utilizando-se micro-aplicadores (Vichi *et al.*, 2002a; Ferrari *et al.*, 2002) descartáveis (*microbrush*, KG Sorensen, São Paulo, Brasil), do silano (figura 6B) RelyX Ceramic Primer (3M-ESPE, St. Paul, USA). Após um minuto, secou-se, com jato de ar, a superfície do pino por 5 segundos, para posterior aplicação e fotoativação do sistema adesivo Adper Single Bond (3M-ESPE, St. Paul, USA) por 20 segundos, utilizando-se unidade fotoativadora de luz halógena XL 3000 (3M-ESPE, St. Paul, USA) com intensidade de 700 mW/cm².

Cimentação dos retentores

Realizou-se o condicionamento do conduto radicular com ácido fosfórico a 35% pelo tempo de quinze segundos (figura 7A). Em seguida, lavou-se o ácido com água abundante pelo mesmo tempo de condicionamento. Após, removeu-se o excesso de água do interior do conduto utilizando-se cones de papel absorvente. Seguiu-se com a aplicação de duas camadas consecutivas do

sistema adesivo sobre a superfície dentinária dos condutos através de aplicadores descartáveis (figura 7B), realizando suave secagem deste. Removeu-se o excesso de adesivo com cones de papel absorvente realizando, então, a fotoativação daquele por quarenta segundos, mantendo-se a ponta da unidade foto ativadora posicionada à altura da embocadura do canal radicular (figura 7C).

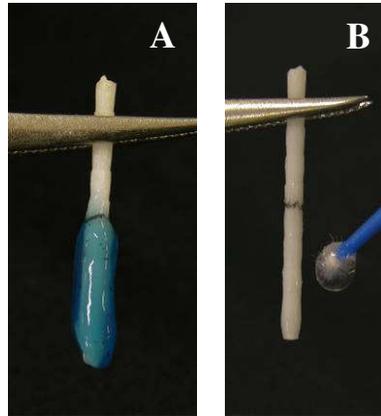


Figura 6. Seqüência de preparo do pino de fibra de vidro. A) Condicionamento ácido. B) Aplicação do silano.

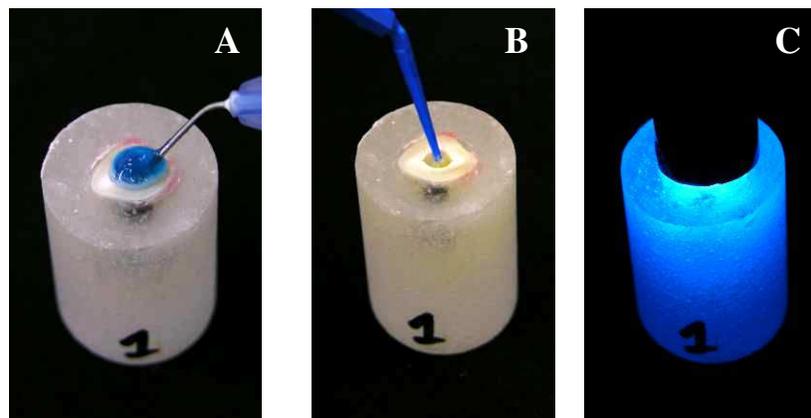


Figura 7. Seqüência de preparo do conduto radicular para cimentação dos retentores intraradiculares. A) Condicionamento ácido. B) Aplicação do sistema adesivo. C) Fotoativação do sistema adesivo.

Dispensou-se a pasta base e catalisadora, em iguais proporções, do cimento resinoso RelyX ARC (3M-ESPE, St. Paul, USA) sobre bloco de papel impermeável, manipulando este por dez segundos. Levou-se o cimento manipulado no interior do canal através de broca Lentulo (figura 8A) e sobre a superfície do retentor, aplicou-se fina camada do cimento (figura 8B). Posicionou-se o pino de fibra de vidro no interior do conduto, estabilizando-o manualmente de forma este ficar perpendicular ao longo eixo da raiz. Removeu-se, então, os excessos de cimento utilizando-se espátula para compósito, e aguardados 3 minutos, realizou-se a fotoativação por 40 segundos no sentido ocluso-apical da raiz (figura 8C).

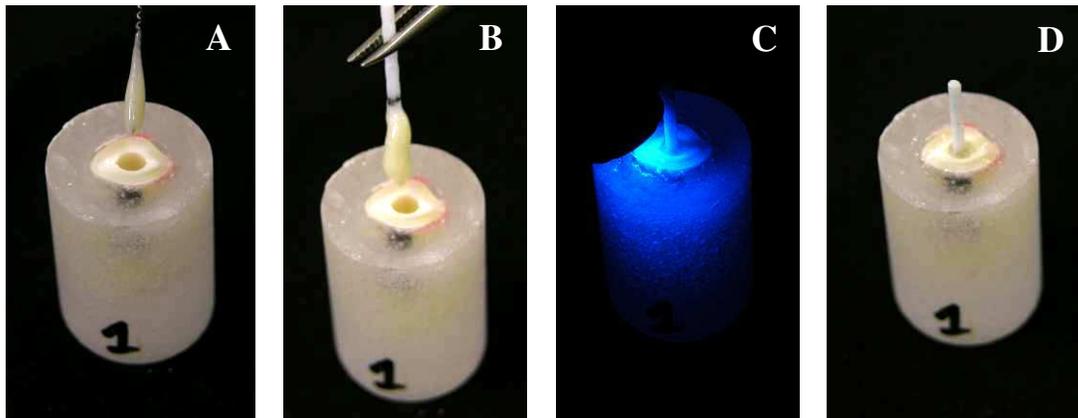


Figura 8. Seqüência de cimentação dos pinos de fibra de vidro. A) Inserção do cimento no interior do conduto. B) Inserção do retentor no canal radicular. C) Fotoativação do pino em posição. D) Aspecto após a cimentação.

4.2.7.2. GRUPO 2 – pinos reembasados com compósito e cimentados

Preparo da superfície dos retentores de fibra de vidro

Seguiu-se os mesmos procedimentos do grupo 1, realizando condicionamento com ácido fosfórico a 35% para limpeza superficial. Em seguida, lavagem abundante com água e secagem, realizando, então, a aplicação do

agente silano. Após um minuto, secou-se com jato de ar a superfície do pino por cinco segundos, para posterior aplicação e fotoativação do sistema adesivo por vinte segundos.

Reembasamento dos pinos com resina composta

Para realização do reembasamento, inicialmente realizou-se a lubrificação do conduto radicular com gel lubrificante hidrossolúvel (figura 9A), seguindo-se com a aplicação do sistema adesivo sobre o pino de fibra de vidro (figura 9B), realizando suave secagem, e posterior fotoativação deste (figura 9C).

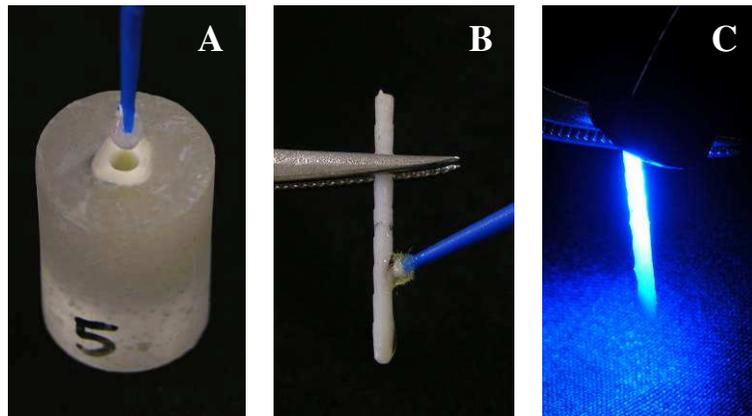


Figura 9. A) Aplicação do lubrificante no interior do conduto. B) Aplicação do sistema adesivo sobre o pino de fibra de vidro. C) Fotoativação do adesivo.

Após, envolveu-se o retentor intra-radicular com a resina composta microhíbrida de baixo escoamento (figura 10A) levando-se, então, o conjunto no interior do conduto marcando a região vestibular do pino e no cilindro de resina acrílica (figura 10B E 10C). Este foi retirado e recolocado por duas vezes, removendo o excesso de compósito, fotoativando-o em posição, no interior do conduto, por vinte segundos (figura 10D).

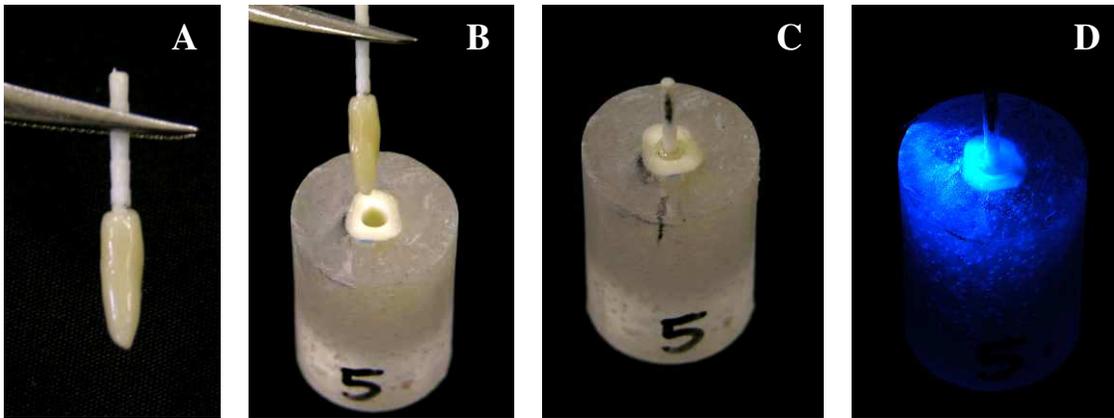


Figura 10. A) Envolvimento do retentor com compósito. B) Posicionando retentor no interior do conduto. C) Modelagem do conduto e marcação da face vestibular. D) Fotoativação do conjunto pino-compósito no interior do conduto.

Seguiu-se retirando o conjunto do interior do canal radicular fotoativando-o imediatamente por vinte segundos, respectivamente, pelas superfícies vestibular e palatina (figura 11A). Após, lavou-se os condutos radiculares com jato de água abundante, por trinta segundos, para remoção do lubrificante, secando-se, então, os canais radiculares. Lavou-se e secou-se, também, os retentores de fibra de vidro reembasados da mesma forma (figura 11B).

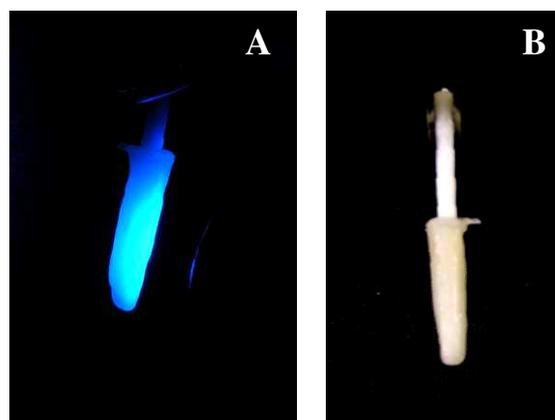


Figura 11. A) Fotoativação da modelagem com compósito. B) Aspecto do retentor reembasado após lavagem e secagem.

Cimentação dos retentores reembasados

Realizou-se a hibridização do conduto radicular com o mesmo protocolo seguido para o grupo 1 (figuras 12A a 12C).

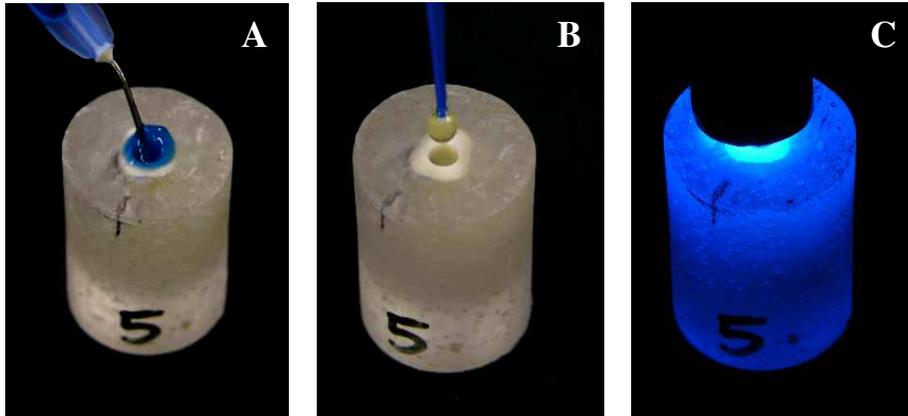


Figura 12. A) Condicionamento ácido. B) Aplicação do sistema adesivo. C) Fotoativação do sistema adesivo.

Aplicou-se o sistema adesivo sobre a superfície do pino de fibra de vidro reembasado, realizando secagem suave e foto ativando-o por dez segundos. Manipulou-se o cimento resinoso por dez segundos. Levou-se o cimento manipulado no interior do conduto através de broca Lentulo (figura 13A) e sobre a superfície do retentor reembasado, aplicou-se fina camada do cimento (figura 13B). Posicionou-se o pino de fibra de vidro no interior do conduto, estabilizando-o manualmente.

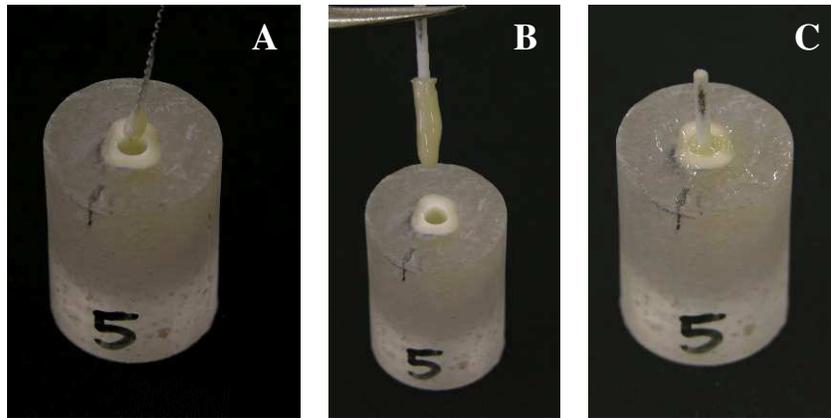


Figura 13. A) Inserção do cimento no interior do conduto. B) Camada de cimento aplicada sobre o pino reembasado. C) Pino inserido no conduto após remoção dos excessos.

Removeu-se, então, os excessos de cimento utilizando-se espátula para compósito (figura 13C), e aguardados três minutos, realizou-se a fotoativação por quarenta segundos no sentido ocluso-apical da raiz (figura 14A).

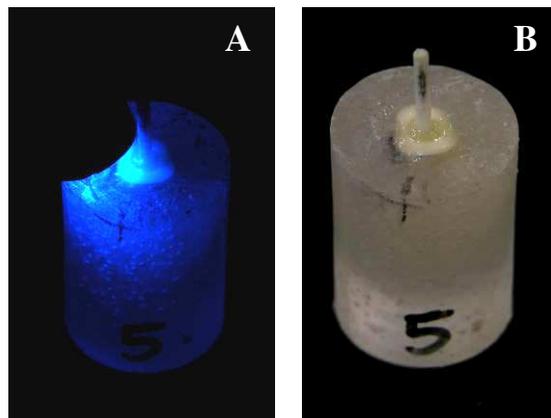


Figura 14. A) Fotoativação do cimento resinoso. B) Aspecto após finalização dos procedimentos de cimentação

4.2.8. Secção das raízes

Terminada a cimentação dos retentores intra-radiculares, mantiveram-se as raízes imersas em água destilada em estufa a 37° C por 48 horas. Realizou-se então três demarcações na superfície radicular, a partir da superfície cervical,

distantes três milímetros entre si, ficando a última medida localizada aos nove milímetros, coincidindo com a profundidade do preparo do conduto. Fixou-se os espécimes em máquina de corte Isomet (Buehler UK LTD, Lake Bluff, USA), seccionando perpendicularmente ao longo eixo as raízes em pontos demarcados (figura 15A), obtendo-se três secções, referentes às porções cervical, média e apical, seccionando também o remanescente coronário do pino de fibra de vidro. Após a secção, numerou-se os segmentos de acordo com a numeração da amostra seguidos da letra referente ao terço seccionado (C, M e A) (figura 15B).

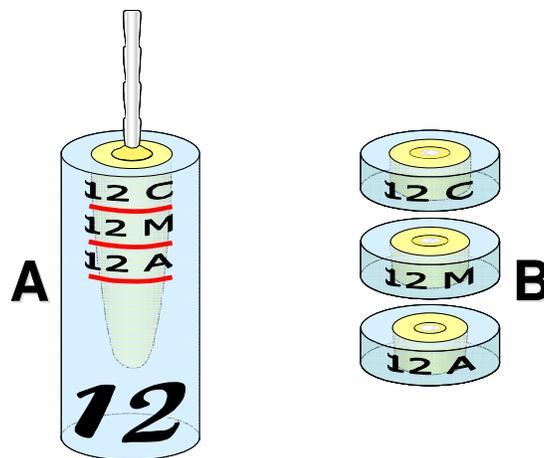


Figura 15. Desenhos esquemáticos: A) pino cimentado e demarcações para corte dos segmentos radiculares. B) terços radiculares segmentados.

Após esta etapa, armazenou-se as raízes em estufa microbiológica a 37° C por 24 horas para posterior realização dos ensaios mecânicos.

4.2.9. Ensaio mecânico

Para o ensaio mecânico utilizou-se máquina de ensaio universal Instron 4411 (Instron Corporation, Norwood, USA) com célula de carga de cinquenta quilogramas. Posicionou-se os espécimes em uma base metálica, que apresentava um orifício maior com vinte milímetro de diâmetro e em seu interior um orifício menor com três milímetros ao centro, mantendo as secções invertidas,

com a porção cervical voltada para baixo e a região dos retentores cimentados coincidindo com o orifício menor (figura 16).

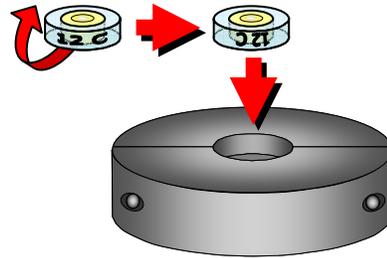


Figura 16. Esquema do posicionamento dos corpos-de-prova na base metálica para ensaio *push-out*.

Fixou-se no mordente da máquina de ensaios haste metálica com ponta ativa cilíndrica com um milímetro de diâmetro (figura 17A). Realizou-se então o ensaio *push-out* à velocidade de $0,5 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ até o deslocamento do retentor intra-radicular (figura 17B).

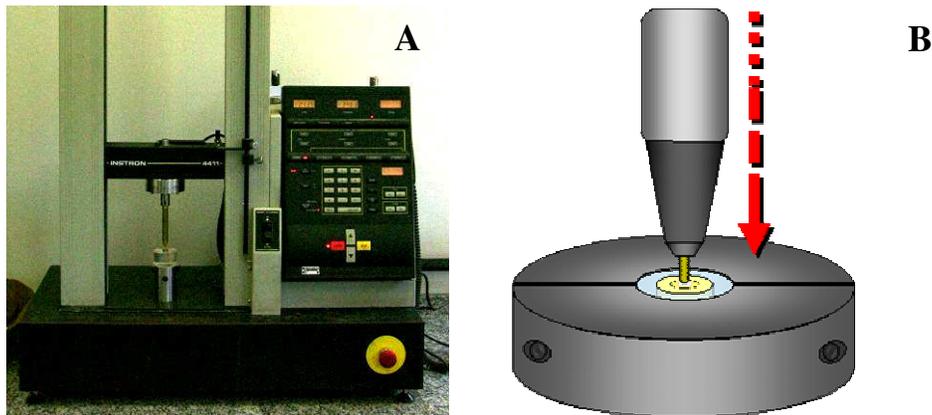


Figura 17. A) Conjunto posicionado na máquina de ensaios universal. B) Esquematização do teste de cisalhamento.

Obtiveram-se os valores de resistência em kgf, convertendo-se estes para MPa dividindo-se a força necessária para o deslocamento dos retentores pela área do conduto radicular (anexo 1). Tabulou-se os dados para posterior

realização da análise estatística, através da Análise de Variância e teste de Tukey, com nível de significância de 5%.

4.2.10. Microscopia eletrônica de varredura

Após o ensaio push-out, preparou-se todos os corpos-de-prova para análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV). Inicialmente, limpou-se as amostras por vinte minutos em aparelho de limpeza ultra-sônica Ultrasonic Cleaner 1440D (Odontobrás Ind. Com. de Equipamentos Odontológicos Ltda., Ribeirão Preto, Brasil) com água destilada, secando-as, em seguida, em estufa a 70°C durante uma hora previamente ao procedimento de metalização. Para a metalização, fixou-se as amostras em *stubs* utilizando fita de carbono dupla-face (Electron Microscopy Sciences, Hatfield, USA). Em seguida, cobriram-se os corpos-de-prova com fina camada de ouro através de unidade metalizadora MED 10 (Balzers Union, Balzers, Alemanha), utilizando corrente de 45mA por 120s. As imagens foram obtidas com microscópio eletrônico de varredura LEO VP 435 (Carl-Zeiss NTS, Oberkochen, Alemanha). Obteve-se a primeira imagem com aumento que possibilitasse a visualização de toda a amostra, seguindo com imagens em aumentos maiores de áreas específicas visando observar falhas, forma de fratura da união e características morfológicas. Durante a MEV também se mensurou a espessura da linha de cimentação em todos os segmentos radiculares avaliados. Para isso, utilizou-se uma ferramenta do software do próprio microscópio que possibilita a mensuração direta entre dois pontos na imagem.

5. RESULTADOS

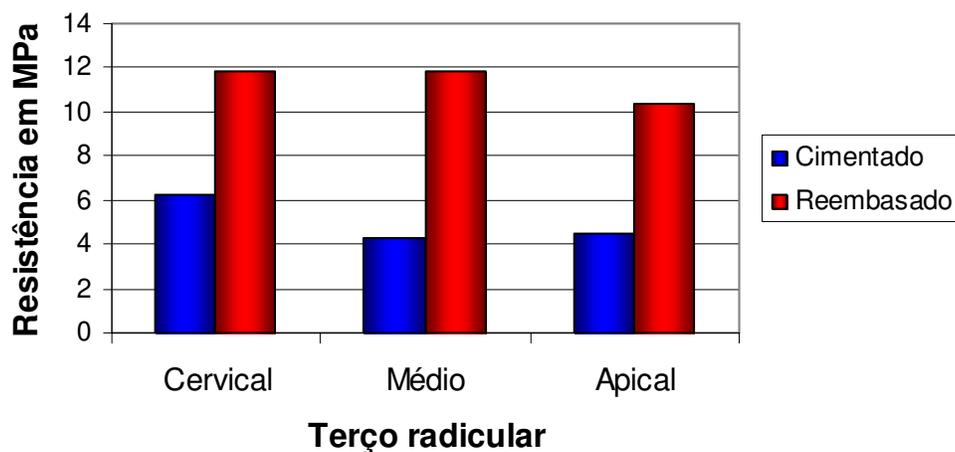
5.1. Ensaio mecânico *push-out*

Para análise dos resultados, obteve-se inicialmente a estatística descritiva, através das médias e desvios padrões da resistência ao cisalhamento nos três terços radiculares para cada grupo (tabela 2). Em primeira análise, pôde-se observar que os retentores reembasados e cimentados obtiveram as maiores médias dos testes em todos os seguimentos, enquanto os pinos apenas cimentados obtiveram as menores médias (gráfico 1).

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão das tensões de cisalhamento, em MPa.

Grupos	Terço cervical		Terço médio		Terço apical	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Cimentados	6,24	2,68	4,27	2,00	4,46	2,82
Reembasados	11,83	1,69	11,81	3,86	10,39	2,44

Gráfico 1. Valores médios das tensões



Submeteu-se os dados referentes às médias das tensões à Análise de Variância (ANOVA) a dois critérios, inteiramente ao acaso, com igual número de repetições, para detectar a existência de diferenças entre critérios avaliados e interações (tabela 3).

Tabela 2. Análise de variância referente às tensões de cisalhamento para os três terços radiculares em relação ao tratamento.

ANOVA		Critérios avaliados: 1) tratamento 2)terço radicular				
2 critérios						
Critérios	gl efeito	qm efeito	gl erro	qm erro	F	p
1	1	190,48	54	7,14	11,76	0,000*
2	2	13,15	54	7,14	1,84	0,169
1 X 2	2	5,39	54	7,14	0,76	0,475

* diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$)

A Análise de Variância, com nível de significância de 5% ($p < 0,05$), permitiu a verificação de diferença estatística em relação ao critério tratamento ($F=11,76$). Quando analisado o critério terço radicular não houve diferença, bem como ao analisar a interação terço radicular e tratamento, (tabela 3).

Com intuito de melhor evidenciar os resultados desta análise, realizou-se então a comparação de médias através do teste de Tukey, ao nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$), permitindo a comparação individual entre os critérios tratamento (tabela 4) e terço radicular (tabela 5), bem como sua interação (tabela 6).

Tabela 3. Teste de Tukey para comparação das médias de resistência entre tratamentos realizados, independente do segmento radicular avaliado.

Tratamento	Média de resistência (MPa)
1. Cimentado	4,99 B
2. Reembasado	11,34 A

Grupos com mesma letra não possuem diferença estatística entre si, ao nível de 0,05 de probabilidade.

Quando comparados os valores médios obtidos para os tratamentos realizados, os retentores cimentados apresentaram resultados significativamente inferiores de retenção.

Tabela 4. Teste de Tukey para comparação entre as médias para cada um dos terços radiculares, independente do tratamento realizado.

Terços radiculares	Média de resistência (MPa)
Cervical	9,03 A
Médio	8,03 A
Apical	7,43 A

Grupos com mesma letra não possuem diferença estatística entre si, ao nível de 0,05 de probabilidade.

Para comparação entre as médias de resistência para os três terços radiculares, apesar da diferença numérica, o teste revelou não existir diferenças estatísticas entre estes.

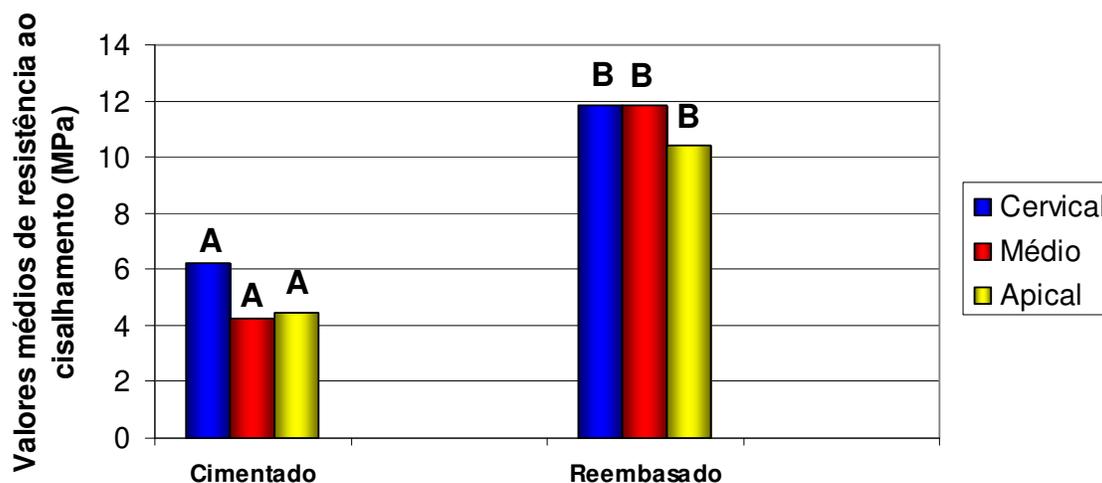
Tabela 5. Teste de Tukey para comparação da interação entre tratamentos e terços radiculares.

Terço	Grupos	
	Cimentado	Reembasado
Cervical	6,24 Bb	11,83 Aa
Médio	4,27 Bb	11,81 Aa
Apical	4,46 Bb	10,39 Aa

Grupos e segmentos com mesma letra não possuem diferença estatística entre si, ao nível de 0,05 de probabilidade. Letras maiúsculas indicam diferenças entre linhas (grupos) e minúsculas entre colunas (terços radiculares).

Ao analisar a interação entre tratamentos e terços radiculares, obteve-se resultados estatisticamente superiores em todos os segmentos para o grupo de retentores reembasados, demonstrados na tabela 6 através de letras maiúsculas para tratamentos e minúsculas para os segmentos radiculares. Observou-se também maior homogeneidade entre os valores de retenção obtidos para o grupo reembasado em relação aos retentores cimentados (gráfico 2).

Gráfico 2. Teste de Tukey para comparação entre os terços radiculares



* letras diferentes indicam diferença estatística

5.2. Análise da microscopia eletrônica de varredura

Realizou-se análise de todas as amostras para cada terço radicular de ambos os grupos. As figuras 18A a 18C ilustram, respectivamente, exemplares dos terços cervical, médio e apical para o grupo de pinos somente cimentados. Em todas as amostras do grupo 1, observou-se a extrusão do conjunto pino-cimento. O grupo de pinos reembasados com compósito está ilustrado nas figuras 19A a 19C. Observou-se para este grupo, principalmente, a extrusão do retentor.

Realizou-se a avaliação da linha de cimentação utilizando o sistema do microscópio eletrônico de varredura, registrando os valores em micrometros. A análise da linha de cimentação mostrou menores valores para amostras dos terços apical e cervical de pinos somente cimentados (figura 20C e 20A), e valores maiores no terço médio (figura 20B).

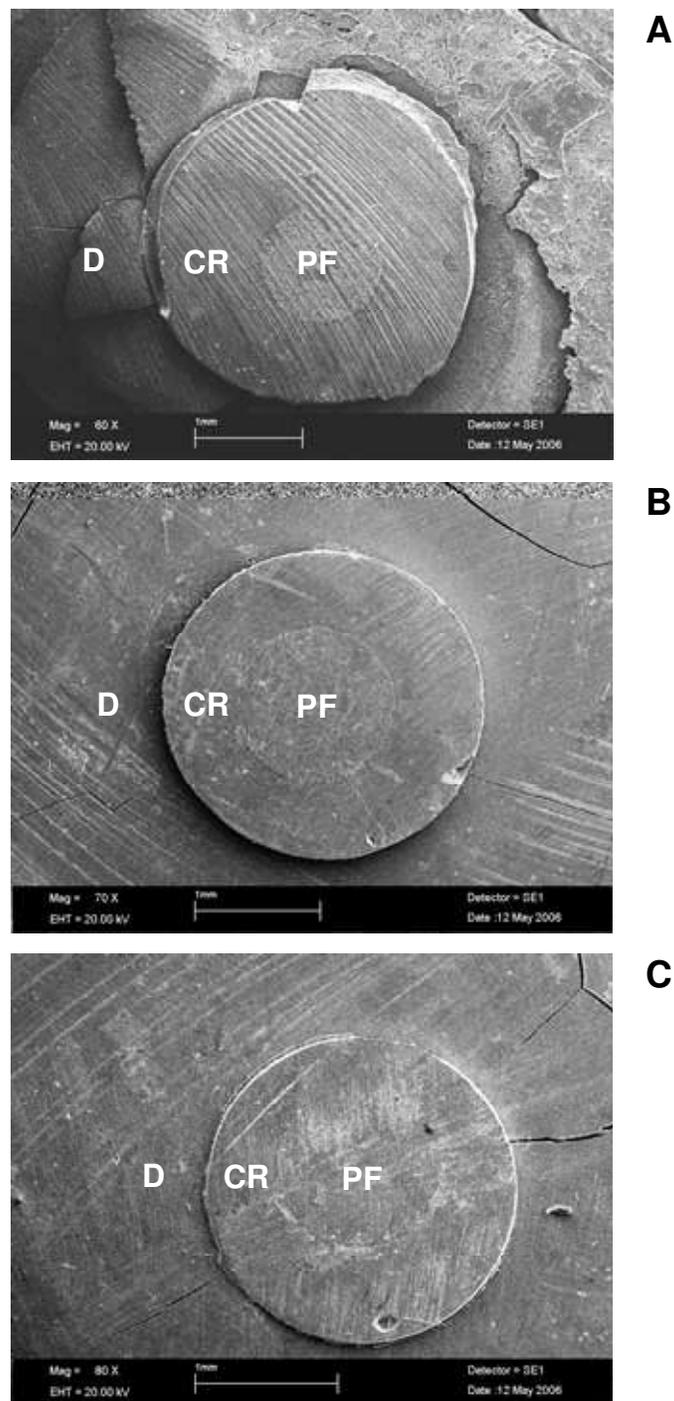


Figura 18. Amostras representativas do grupo de pinos sem reembasamento e cimentados, após ensaio de extrusão por compressão, referentes aos terços: A) Cervical. B) Médio. C) Apical.
Legenda: D = dentina; CR = cimento; PF = pino de fibra de vidro.

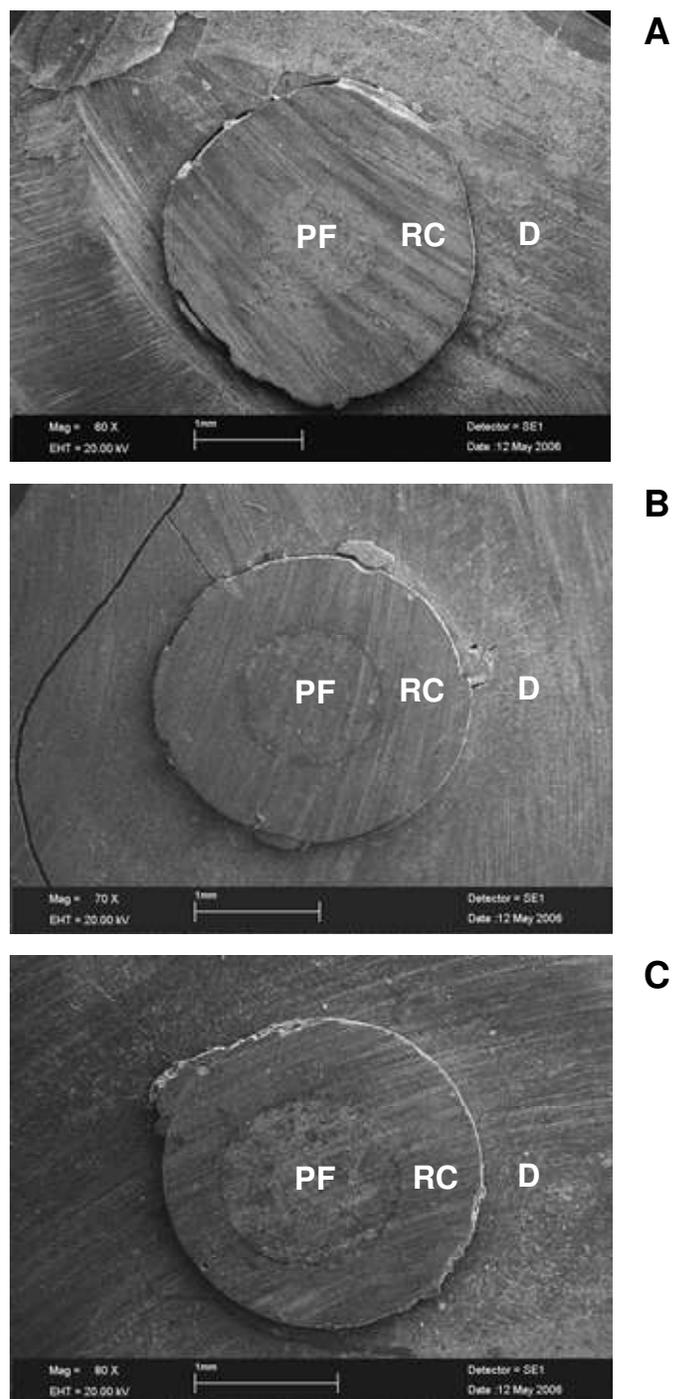


Figura 19. Amostras representativas do grupo de pinos reembasados com compósito e cimentados, após ensaio mecânico, referentes aos terços: A) Cervical. B) Médio. C) Apical
Legenda: D = dentina; RC = resina composta; PF = pino de fibra de vidro.

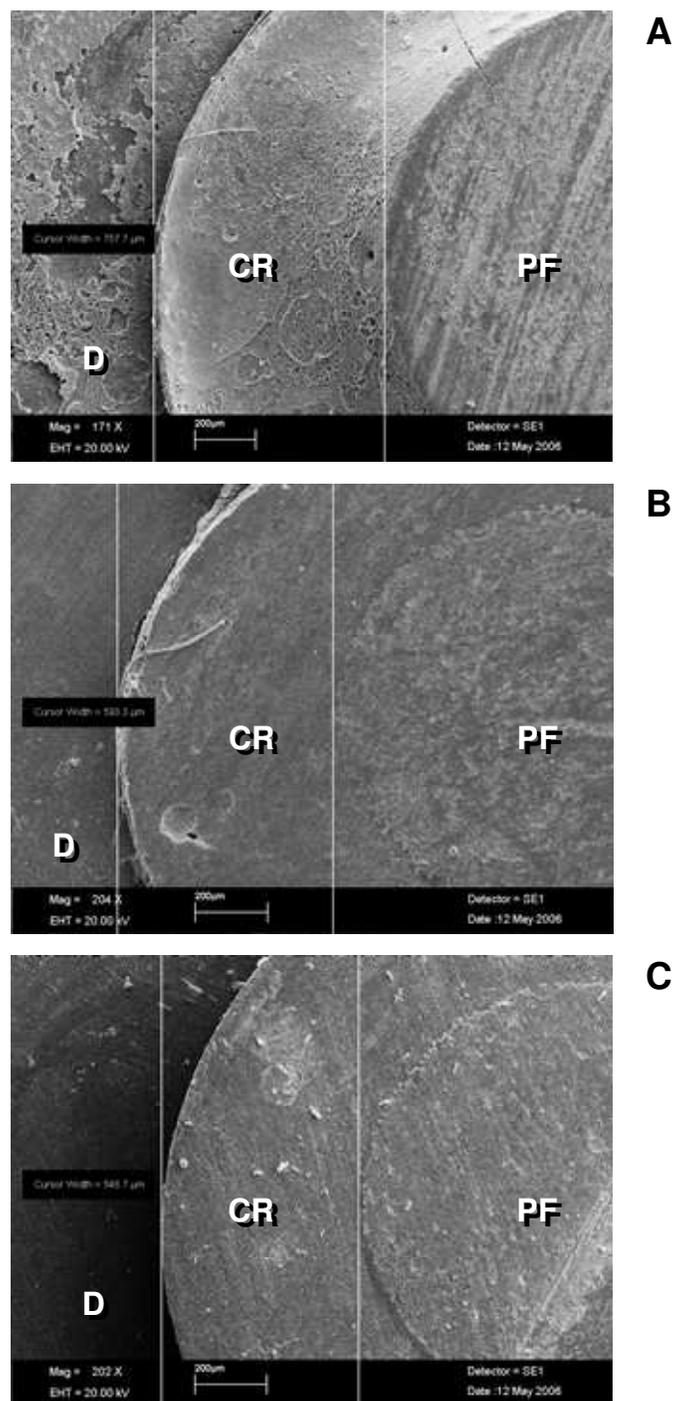


Figura 20. Análise da espessura da linha de cimentação, para o grupo de pinos somente cimentados, nos segmentos radiculares: A) Cervical. B) Médio. C) Apical.
Legenda: D = dentina; CR = cimento; PF = pino de fibra de vidro.

A análise da linha de cimentação para os pinos reembasados com compósito mostrou valores progressivamente menores para amostras dos terços cervical, médio e apical, respectivamente (figuras 21A a 21C).

Observaram-se falhas e bolhas, frequentemente, na camada de cimento resinoso (figuras 22A, 22B e 22D a 22F). Em alguns casos, principalmente para o grupo de pinos somente cimentados (figuras 22A, 22C), encontraram-se estas falhas entre material resinoso e pino de fibra de vidro (figura 22F).

Observou-se, mais frequentemente, após os testes de cisalhamento por compressão, o rompimento entre a camada de cimento e a dentina hibridizada. Este tipo de falha representou quase a totalidade das amostras para o grupo de pinos apenas cimentados (figuras 23A a 23C) e a maioria para o grupo reembasado com resina composta (figuras 23E e 23F). Para este último grupo, observaram-se em alguns corpos de prova houve fratura parcial em dentina, permanecendo esta aderida ao conjunto pino-resina-cimento (figura 23D). Analisando o terço apical das amostras para os dois grupos, encontrou-se, normalmente, a presença de região não completamente polimerizada do cimento resinoso (figuras 23C e 23F).

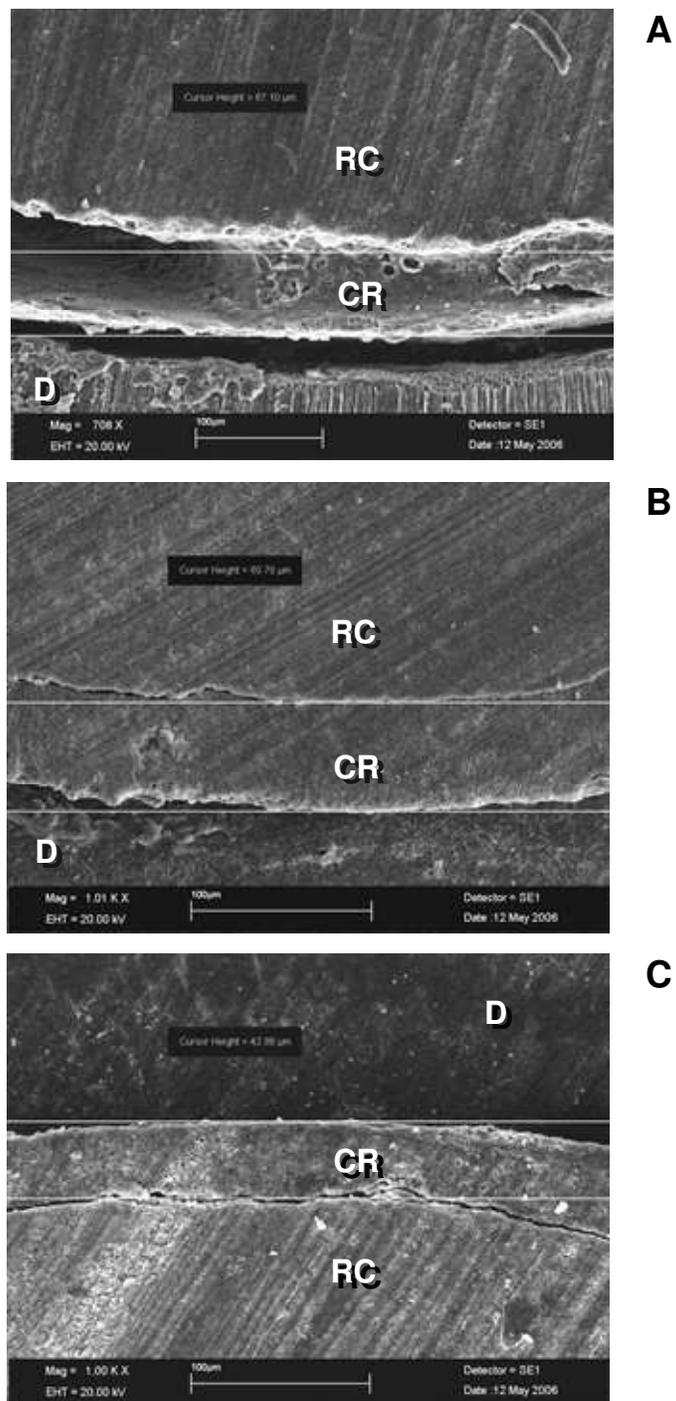


Figura 21. Análise da espessura da linha de cimentação, para o grupo de pinos reembasados e cimentados, nos segmentos radiculares: A) Cervical. B) Médio. C) Apical.
Legenda: D = dentina; CR = cimento; RC = resina composta.

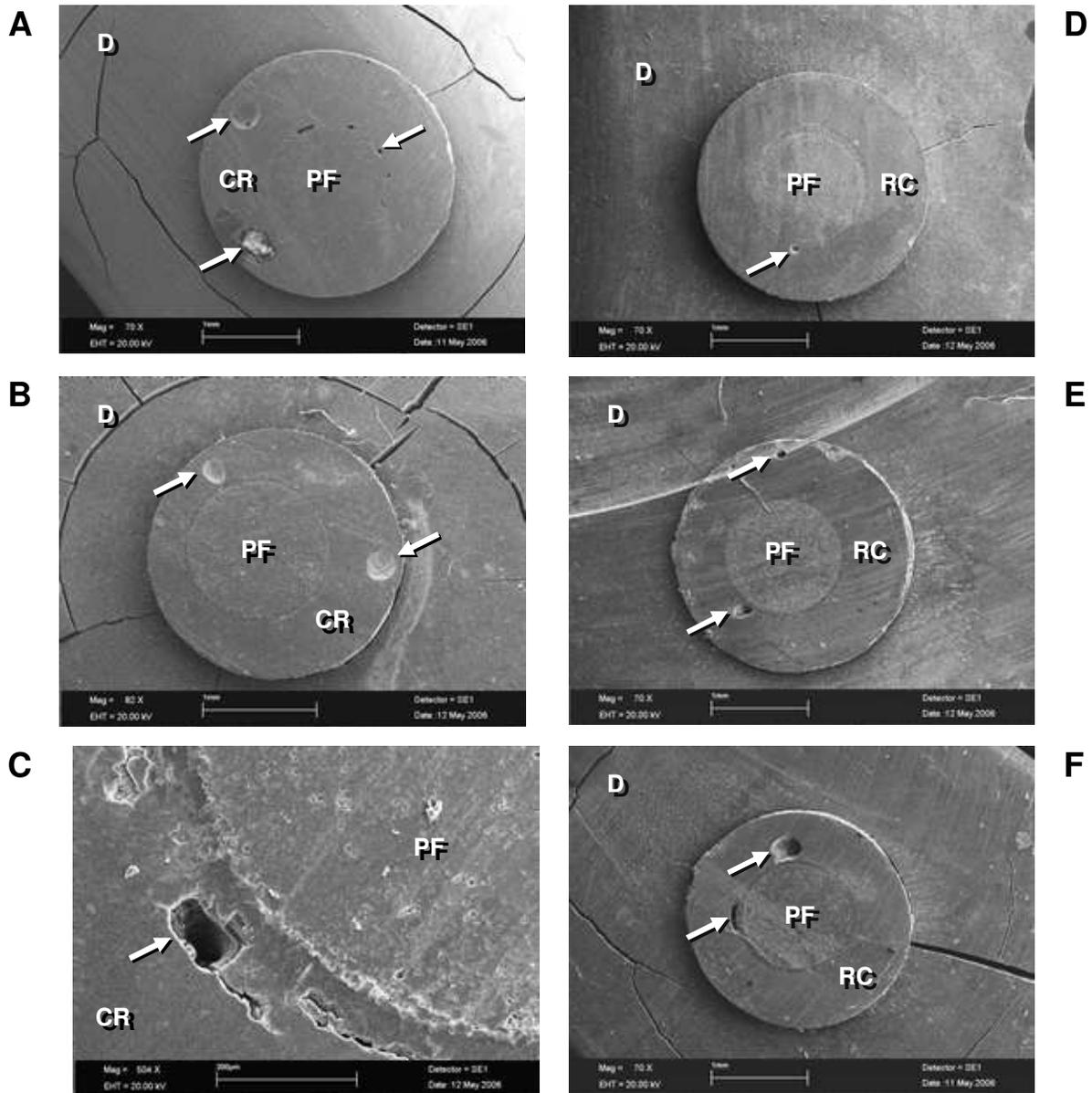


Figura 22. Análise em microscopia eletrônica de varredura dos defeitos encontrados para as técnicas de cimentação utilizadas. Pinos somente cimentados: A) Presença de bolhas na camada de cimento e entre pino e cimento. B) Bolhas na camada de cimento resinoso. C) Falha entre pino de fibra e cimento. Pinos reembasados: D e E) Bolhas na região preenchida com compósito. F) Bolhas entre compósito e retentor de fibra de vidro.

Legenda: D = dentina; CR = cimento; RC = resina composta; PF = pino de fibra de vidro; setas indicam regiões de bolhas ou falhas.

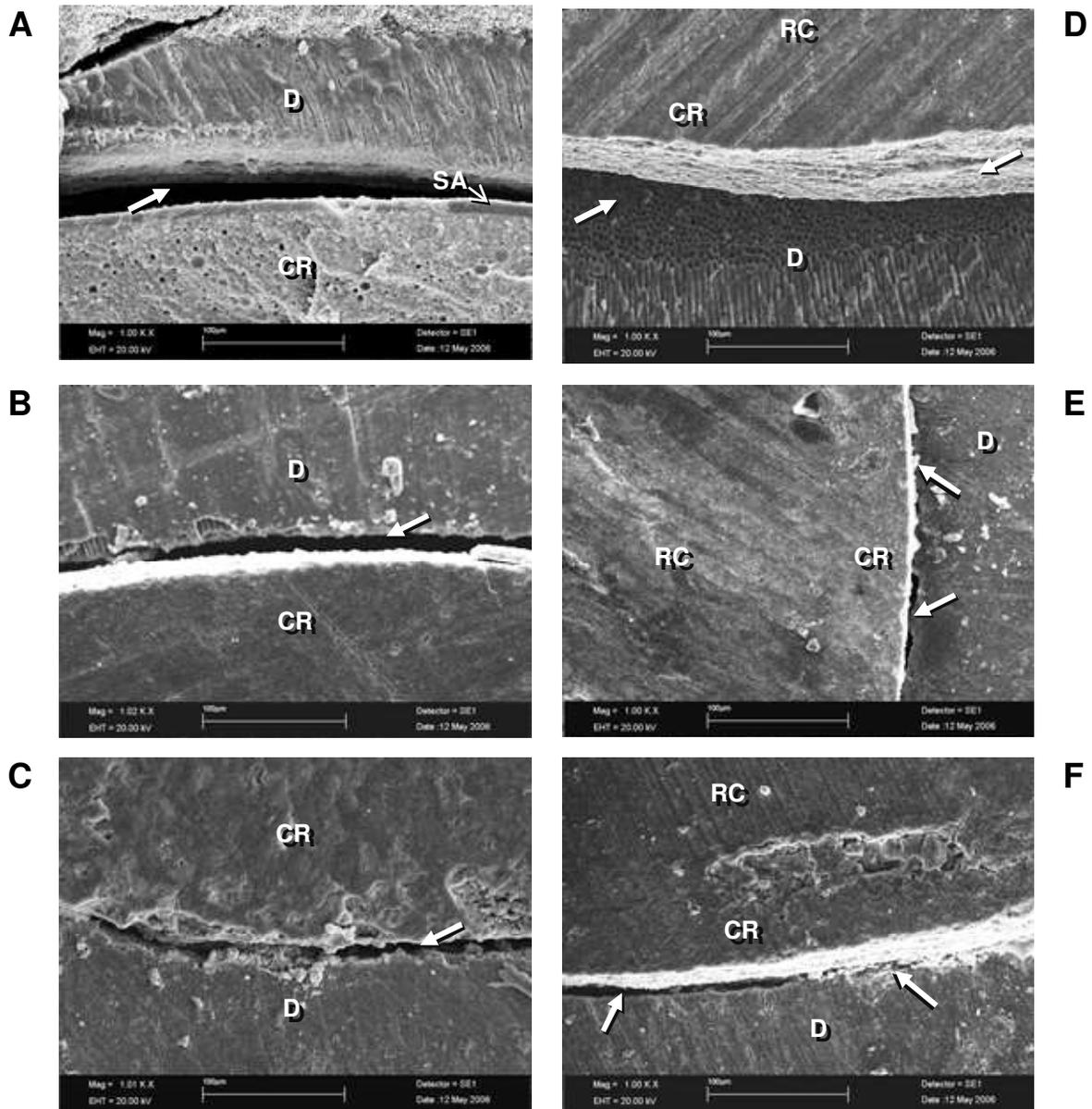


Figura 23. Amostras representativas dos tipos de falhas encontrados após ensaio mecânico *push-out*.

Grupo de pinos somente cimentados: A,B e C) Microscopias dos terços cervical, médio e apical mostrando, respectivamente, falhas na interface cimento-dentina. Grupo de pinos reembasados com compósito: D) Amostra da região cervical onde ocorreu fratura em dentina. E e F) Microscopia das regiões média e apical apresentando ruptura da interface cimento-dentina.

Legenda: D = dentina; CR = cimento; RC = resina composta; SA = sistema adesivo; setas indicam as falhas ocorridas.

6. DISCUSSÃO

A restauração de dentes tratados endodonticamente com perda significativa de estrutura dentária é sempre foco de diversos estudos, especialmente quando se torna necessária a utilização de pinos intra-radulares para ancoragem da restauração final, uma vez que existe grande variedade de sistemas pré-fabricados disponíveis no mercado odontológico, bem como os tradicionais núcleos metálicos fundidos.

Este trabalho avaliou a resistência de retenção utilizando o teste *push-out*, de pinos pré-fabricados de fibra de vidro, reembasados ou não com compósito restaurador, e fixados com cimento resinoso, avaliando os terços cervical, médio e apical de raízes bovinas.

Neste estudo utilizou-se incisivos bovinos ao invés de dentes humanos uniradulares. Optou-se por dentes bovinos, pois a literatura demonstra a viabilidade de sua utilização em pesquisas (Schilke *et al.*, 2000). Seu uso proporciona, segundo Pizi (2003), o controle de algumas variáveis que poderiam prejudicar a uniformidade da amostra, como variações da qualidade dentinária, defeitos de morfologia radicular e do canal, condições de armazenamento durante e após as extrações dentárias, dimensões radulares e amplitude do conduto. Patierno *et al.*, em 1996 utilizaram em seu estudo dentes bovinos, pois estes apresentam resistência à tração e ao cisalhamento de sua dentina semelhante aos dentes humanos. Adicionalmente, afirmam também que dentes bovinos apresentam grande disponibilidade, permitem controle do tempo entre obtenção e uso e maior uniformidade da dentina devido à ausência de cárie e doenças periodontais, que podem afetar a morfologia dos túbulos dentinários.

Esta padronização das amostras torna-se visível quando observa-se os resultados obtidos neste estudo, em especial os desvios padrões alcançados em todos os segmentos analisados, e comparamos com trabalhos que utilizaram

dentes humanos (Lieberman *et al.*, 1989; Sahafi *et al.*, 2004b; Kalkan *et al.*, 2006) e seus resultados mostraram maior variação das médias de resistência ao deslocamento e seus respectivos desvios padrões. Gaston *et al.*, em 2001, consideraram que a reprodutibilidade ou a consistência de estudos que implicam tensões de adesão são indicadas pela amplitude do desvio padrão em relação às médias obtidas, denominando esta proporção de coeficiente de variação, que determina o grau variabilidade dos resultados.

A utilização de pinos pré-fabricados em canais amplos pode, segundo Aksornmuang *et al.* (2004), resultar em uma camada excessivamente espessa de cimento, a qual pode não se apresentar forte o suficiente para resistir ao carregamento oclusal, perdendo, desta maneira, a retenção. Em face a esta problemática, delineou-se o modelo de preparo do espaço para o pino utilizado neste estudo, com as mesmas características para ambos os grupos, confeccionando-se este preparo com dimensões mais amplas. Esta característica visou a simulação de situação clínica onde a adaptação do pino estivesse aquém do diâmetro do preparo (Newman *et al.*, 2003), com a finalidade de se testar a efetividade da técnica de reembasamento com compósito em melhorar ou não a retenção de pinos de fibras de vidro.

A resistência ao deslocamento de pinos de fibra aderidos aos canais radiculares utilizando-se de cimentos resinosos pode ser considerada uma somatória do embricamento micromecânico, adesão e resistência friccional (Pest *et al.*, 2002). Por esta razão, testes pull-out e *push-out* têm sido empregados com sucesso como indicadores da resistência interfacial de pinos de fibra aderidos aos condutos radiculares (Goracci *et al.*, 2005c). A grande desvantagem do teste *pull-out* é a impossibilidade de testarem-se diferentes regiões radiculares, tornando-se possível somente analisar a retenção em todo o conduto (Martins, 1995).

Descreveu-se, primeiramente, o teste push-out ou teste de extrusão em estudos odontológicos no ano de 1970. Originalmente, este teste envolvia a extrusão de cilindros de resina aderidos em cilindros de dentina. Descreveu-se, inicialmente, o uso deste tipo de teste para avaliar a adesão à dentina radicular em

1996. No presente estudo, optou-se por este tipo de ensaio mecânico, uma vez que a literatura demonstra que o teste push-out proporciona melhor estimativa da resistência à retenção (Wakefield *et al.*, 1998) que o teste de cisalhamento plano convencional, pois força a ocorrência de fratura paralelamente à interface dentina-adesivo (Kurtz *et al.*, 2003), além de permitir a avaliação de diversas regiões radiculares em uma mesma amostra (Baldissara *et al.*, 2006). Outro ponto levantado por Goracci *et al.*, em 2005, é a interpretação do teste *push-out* em comparação ao de microtração quando referido à adesão de pinos de fibra ao conduto radicular, uma vez que outros fatores, além da união propriamente dita, contribuem para retentividade, especialmente a resistência friccional ao deslocamento.

As limitações apresentadas pelos pinos metálicos, sejam eles pré-fabricados (Saupe *et al.*, 1996; Ferrari *et al.*, 2000a; Mezzomo *et al.*, 2003; Prisco *et al.*, 2003; Mitsui *et al.*, 2004) ou fundidos (Chan *et al.*, 1993; Lui, 1994; Holmes *et al.*, 1996; Ferrari *et al.*, 2000b; Newman *et al.*, 2003; Lanza *et al.*, 2005), aliados aos avanços no campo da adesão às estruturas dentárias e aprimoramento de materiais estéticos promoveram o desenvolvimento de pinos intra-radiculares que buscassem aliar função à estética (Leary *et al.*, 1995; Sahafi *et al.*, 2004a). Inicialmente, os pinos de zircônia e fibras de carbono passaram a ser indicados (Kurtz *et al.*, 2003), e mais recentemente, os pinos de fibras de vidro associados aos cimentos adesivos e núcleos de ionômero de vidro e, principalmente, resina composta (Barnabé, 2003; Cordeiro, 2003; Schwartz & Robbins, 2004).

O uso em larga escala de pinos pré-fabricados fixados adesivamente, especialmente os retentores de fibra de vidro, tem sido alvo de muitos estudos. Dever-se-iam indicar estes pinos somente em casos onde sua seção transversal fosse semelhante à do canal (Pest *et al.*, 2002; Schwartz & Robbins, 2004), diminuindo a linha de cimentação e proporcionando maior retenção ao conjunto (Grandini *et al.*, 2003 e 2005b), mas o que comumente se observa é seu uso indiscriminado, independente das dimensões do conduto radicular (Barnabé, 2003). Por outro lado, alguns estudos realizados onde cimentava-se pinos de fibra

em canais amplos, encontravam-se valores maiores de retenção que em situações onde o pino encontrava-se bem adaptado ao preparo radicular (Chan *et al.*, 1993; Saupe *et al.*, 1996; Albuquerque *et al.*, 2003). Esta observação pode ser explicada pelo fato de, apesar da semelhança entre os módulos de elasticidade dos pinos, cimentos resinosos e dentina, as propriedades mecânicas de resistência do cimento são inferiores, mas ao mesmo tempo, permitem maior deformação antes de falharem (Ozturk *et al.*, 2005).

Visto que a cada dia consolida-se mais o crescimento do uso de pinos de fibra de vidro, e que seu principal tipo de falha é a perda de retenção (Ferrari *et al.*, 2000a e 2000b; Mannocci *et al.*, 2001), propuseram-se algumas técnicas para contornar este problema (Lui, 1994; Martins, 1995; Pithan *et al.*, 2002; Pizi, 2003; Grandini *et al.*, 2005b; Monticelli *et al.*, 2006; Wu *et al.*, 2006). Neste estudo, testou-se uma destas técnicas, que é o reembasamento com resina composta (Grandini *et al.*, 2003) destes tipos de retentores. Propôs-se o reembasamento com compósito visando diminuir a linha de cimentação e proporcionar adaptação mais precisa destes pinos às paredes do canal radicular (Lassila *et al.*, 2004), o que pode promover aumento da retenção, pois melhora-se o embricamento mecânico entre o conjunto restaurador e a dentina radicular (Goracci *et al.*, 2005c; Pirani *et al.*, 2005). A diminuição da linha de cimentação e, conseqüentemente, a substituição de volume maior do cimento por material com propriedades mecânicas melhoradas (Ozturk *et al.*, 2005), poderia contribuir no aprimoramento de todo o sistema.

Grandini *et al.* (2005b) citaram algumas vantagens esperadas por esta técnica, como: a diminuição da linha de cimentação, tornando-a mais uniforme; diminuição da incidência de bolhas e falhas nesta camada de cimento; e ainda, a possibilidade de preservação de estrutura dentária, pois adapta-se o pino ao canal, e não o inverso. Com os resultados alcançados nesta pesquisa, podem-se confirmar estas vantagens citadas por aqueles autores, pois através da microscopia observou-se menor incidência de bolhas e falhas para o grupo de pinos reembasados, bem como uma linha de cimentação mais delgada e

uniforme. De acordo com Sen *et al.* (2004), pinos que promovem justaposição com a superfície dentinária tendem a apresentar maiores forças de retenção, pelo aumento da resistência friccional.

Este aspecto pôde ser verificado quando se analisa os resultados obtidos através das duas técnicas estudadas. Pôde-se observar que a técnica de reembasamento dos pinos de fibra de vidro com compósito proporcionou aumento efetivo da retenção destes em todos os segmentos estudados. Isto demonstra que a presença de uma menor linha de cimentação pode ter sido fator importante para este resultado, uma vez que as propriedades mecânicas dos compósitos restauradores são superiores aos cimentos resinosos, e, desta maneira, a diminuição da quantidade de material com propriedades inferiores pode contribuir significativamente para melhora da retenção dos pinos intra-radulares estudados (Aksornmuang *et al.*, 2004; Grandini *et al.*, 2005b). A análise da microscopia eletrônica de varredura sugere esta diminuição significativa da linha de cimentação para todas as amostras de pinos reembasados, em todos os segmentos avaliados (figuras 20A, B e C, e 21A, B e C). Pode-se explicar, também, esta melhora da retenção, baseando-se em observações realizadas em estudos utilizando testes *push-out* como os de Goracci *et al.*, em 2005b e 2005c, que através dos resultados obtidos, explicaram que a maior contribuição para resistência ao deslocamento está ligada à resistência friccional proporcionada às paredes do canal radicular.

Observou-se que os espécimes do grupo com pinos reembasados com compósito apresentaram-se intactos na interface resina composta-pino de fibra, demonstrando que o elo de ligação entre estes dois materiais mostrou-se suficientemente resistente para suportar a carga necessária ao deslocamento do conjunto, conforme pôde ser observado nas microscopias realizadas. Isso demonstra que o elo mais fraco deste tipo de técnica está na união entre cimento resinoso e paredes do canal radicular (Pithan *et al.*, 2002; Bitter *et al.*, 2006; Baldissara *et al.*, 2006). Segundo Ferrari *et al.* (2001), isto pode ser devido à discrepância entre a anatomia radicular e o formato do pino. Por outro lado, nos

resultados do presente estudo, mesmo quando se melhorou a adaptação do pino, o elo mais frágil do sistema permaneceu na interface adesiva, pois apesar de maior retentividade, continuou sendo a principal causa de falhas o rompimento da adesão, o que fica indicado na análise em microscopia eletrônica de varredura (figuras 23 A, B, C, E e F).

Para avaliar esta questão, deve-se, a princípio, analisar os grupos estudados, e observar a maior eficácia de retenção quando existe resistência friccional aumentada. Os elementos reembasados com compósito apresentaram menor linha de cimentação, fato este que eleva em grande escala o fator de configuração cavitária (Bouillaguet *et al.*, 2003; Tay *et al.*, 2005), e, apesar desta situação proporcionar altas tensões de polimerização e conseqüentemente maior desafio à interface adesiva (Aksornmuang *et al.*, 2004), que muitas vezes pode levar à sua ruptura (Kurtz *et al.*, 2003; Giachetti *et al.*, 2004), obteve-se valores significativamente superiores de retenção para este grupo. Isto demonstra que o embricamento mecânico entre o conjunto restaurador e a superfície dentinária radicular mostra-se, muitas vezes, mais efetivo do que quando a retenção depende apenas da adesão às paredes dentinárias. Pirani *et al.*, em seu estudo publicado em 2005 avaliou a formação de *gaps* interfaciais na interface adesiva de raízes hibridizadas para cimentação de pinos de fibras, e constatou que em todas as regiões radiculares e sistemas avaliados existiu grande formação destes *gaps*. Com isso, afirmaram que o sucesso clínico associado aos pinos de fibras pouco tem a ver com a adesão à dentina, e, que apesar do alto fator C associado a estes procedimentos, o que realmente parece ser responsável pela retenção é a resistência friccional.

Os resultados encontrados quando comparados os terços avaliados para os dois grupos demonstram superioridade estatística de todos os terços radiculares do grupo de pinos reembasados quando comparados ao grupo apenas cimentado, inclusive quando analisado o terço apical reembasado em relação ao cervical apenas cimentado. Pode-se atribuir este fato à retenção friccional alcançada pela técnica do reembasamento, pois, segundo Cury *et al.* (2006), pelo

fato de existir valores excessivamente altos de fator-C nestas situações, deve-se buscar uma alternativa mais realista para aumentar a resistência ao deslocamento, que seria o aumento do embricamento mecânico.

Por outro lado, pode-se explicar a melhora na retenção dos pinos reembasados pela maior pressão hidráulica exercida por estes retentores durante a cimentação. Estas maiores forças resultariam, segundo Vichi *et al.* (2000b), no aumento da penetração da resina na dentina desmineralizada e aumento do número de túbulos preenchidos por esta através do aumento da pressão. Analisando esta influência do aumento da pressão hidráulica utilizando retentores bem adaptados às paredes do canal radicular, Patierno *et al.*, (1996) demonstraram a formação de uma camada híbrida mais uniforme, com maior formação de prolongamentos de resina e ramificações laterais, fatores estes que, segundo os autores, poderiam determinar maiores valores de retenção.

Outro fator que pode ter influenciado os resultados seria a dificuldade de controle da umidade presente no interior do canal radicular (Pirani *et al.*, 2005), fator este de grande influência na formação da camada híbrida e prolongamentos de resina, e, conseqüentemente, na resistência adesiva desta (Kalkan *et al.*, 2006). Segundo Cury *et al.* (2006), a presença de água residual no interior do túbulos dentinários não é completamente removida durante a remoção do excesso de umidade com cones de papel absorvente, fator este que impede a completa formação da camada híbrida. A partir desta observação, pode-se sugerir que os resultados obtidos neste estudo estariam também relacionados com este aspecto, pois para o grupo de pinos apenas cimentados, a formação da camada híbrida poderia ter sido prejudicada pela presença desta água residual, resultando em menor retenção. Em contrapartida, os pinos reembasados proporcionaram maior pressão hidráulica, forçando a água no interior dos túbulos dentinários e proporcionando uma melhor hibridização das paredes do canal radicular (Giachetti *et al.*, 2004).

Estudos analisando a retenção em diferentes segmentos radiculares, como o de Cordeiro (2003) apresentaram valores significativamente inferiores de

retenção para o terço apical da raiz, que é influenciado pela dificuldade de acesso e ausência de polimerização ideal dos materiais utilizados, em especial, os cimentos resinosos de polimerização dual e sistemas adesivos (Goracci *et al.*, 2004). O que contribui para esta diminuição da retenção é o fato da polimerização de cimentos resinosos de ativação dual atingir menor grau de conversão nesta região (Ozturk *et al.*, 2004), pois existe a incapacidade da energia luminosa alcançar estas profundidades e a quantidade de agente de ativação química presente nestes cimentos ser menor (Aksornmuang *et al.*, 2004), o que proporciona esta diminuição da conversão dos monômeros, e, conseqüentemente, uma polimerização incompleta no terço apical (Cury *et al.*, 2006). Esta polimerização deficiente traz como conseqüência a diminuição das propriedades mecânicas do cimento, diminuindo a retenção (Pirani *et al.*, 2006), especialmente quando a resistência friccional é menor, como pôde-se observar para o grupo de pinos apenas cimentados. As microscopias realizadas da região apical, principalmente, em ambos os grupos mostraram regiões que sugerem a presença de áreas com polimerização deficiente (figuras 23 C e F).

Quando analisados os dois grupos em estudo, não se encontrou diferenças estatísticas entre as regiões radiculares avaliadas. Esse resultado contradiz as observações de Goracci *et al.* (2004), que encontrou valores significativamente inferiores nos terços apical e médio do canal radicular quando avaliou em seu estudo a resistência à extrusão através de teste *push-out* em três segmentos radiculares, cervical, médio e apical. Segundo Ferrari *et al.* (2000c), esta diminuição deve-se ao fato de existir grande irregularidade da morfologia dentinária no terço apical da raiz, o que dificulta a permeação dos sistemas adesivos e, conseqüentemente, a formação da camada híbrida. Por outro lado, Kurtz *et al.* (2003) não encontraram diferenças entre os terços radiculares avaliados (Gaston *et al.*, 2001), o que para os autores pode ser explicado pelo fato da formação da camada híbrida ser insuficiente para reter o pino em toda região radicular, bem como pela dificuldade de acesso a esta região, especialmente nos

terços mais profundos, ficando a retenção mais a cargo do embricamento mecânico do sistema.

A presença de maiores linhas de cimentação proporciona maior possibilidade de formação de bolhas e falhas (Manocci *et al.*, 1999), que podem levar à falhas precoces, pois estas regiões normalmente caracterizam pontos de fragilidade, muitas vezes responsáveis pelo início da propagação destas falhas (Giachetti *et al.*, 2004). Neste estudo, observou-se maior formação de bolhas e presença de falhas para o grupo de pinos apenas cimentados, o que pode estar relacionado, segundo Ferrari *et al.* (2001), com o procedimento de manipulação, onde a mistura das duas pastas do cimento promove a incorporação de bolhas (Vichi *et al.*, 2002a). Outro ponto levantado por Cordeiro (2003) seria a inserção do cimento no espaço preparado para o pino utilizando-se brocas lentulo e/ou cimento aplicado sobre o pino. Diante destas razões, quando se aumenta o volume de cimento o interior do conduto, aumenta-se a probabilidade de inclusão de bolhas (Grandini *et al.*, 2005b). Isto também pôde ser verificado através da análise em microscopia eletrônica de varredura quando avaliados os pinos reembasados com compósito, pois estes apresentaram menor incidência de bolhas e falhas, que pode estar relacionado ao menor volume de cimento inserido no interior do canal radicular.

De acordo com os resultados deste estudo, ficou evidenciado que a técnica de reembasamento teve grande influência sobre a retenção destes em elementos uniradiculares, seja nos terços radiculares individualmente, seja na somatória final de forças necessárias para deslocar estes pinos. Isto pôde ser bem observado comparando os resultados obtidos com retentores fixados apenas com cimento resinoso em relação aos pinos reembasados com compósito e posteriormente cimentados, uma vez que estes últimos apresentaram retenção significativamente mais eficaz em todas as regiões radiculares.

Clinicamente estas observações indicam a possibilidade de utilização da técnica de reembasamento dos pinos com compósito como alternativa de tratamento visando melhorar a ancoragem do núcleo e coroa ou mesmo da

restauração a ser realizada após. A realização deste procedimento proporciona maior versatilidade no uso de pinos pré-fabricados de fibra de vidro, promovendo algumas vantagens, como melhor adaptação às paredes do canal radicular, maior resistência à tração, melhora na resistência à fratura (Pizi, 2003), possibilidade de uso em canais amplos e diminui a possibilidade de rotação do pino devido à maior adaptação (Fernandes *et al.*, 2003). A técnica descrita na metodologia é direta e tem aplicação clínica simples, aumentando apenas alguns passos (Gandini *et al.*, 2005b), o que a torna clinicamente viável e com resultados positivos.

Pode-se considerar como limitação deste estudo o fato de se testar a técnica do reembasamento com resina composta utilizando apenas um tipo de compósito, pino de fibra de vidro e cimento resinoso, buscando averiguar, basicamente, a efetividade da técnica. Seria importante analisar outros tipos de pinos e outros tipos de compósito e cimentos resinosos, bem como sistemas adesivos, procurando determinar, realmente, um protocolo restaurador que proporcione melhor retenção aos pinos de fibra de vidro.

7. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, a técnica de reembasamento com resina composta mostrou-se efetiva em melhorar a retenção de pinos intraradiculares de fibras de vidro cimentados em canais radiculares, apresentando valores de resistência ao deslocamento estatisticamente superiores em todos os segmentos analisados em comparação ao pino apenas cimentado. Ainda, não se encontrou diferenças significativas quando comparados os terços radiculares para cada tipo de tratamento realizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

Akkayan B, Gülmez T. resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. **J Prosthet Dent.** 2002 Apr; 87(4):431-7.

Aksornmuang J, Foxton RM, Nakajima M, Tagami J. Microtensile bond strength of a dual-cure resin core material to glass and quartz fibre posts. **J Dent.** 2004 Aug; 32(6):443-50.

Albuquerque Rde C, Polleto LT, Fontana RH, Cimini CA. Stress analysis of an upper central incisor restored with different posts. **J Oral Rehabil.** 2003 Sep; 30(9):936-43.

Asmussen E, Peutzfeldt A, Heitmann T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. **J Dent.** 1999 May; 27(4):275-8.

Barnabé W. **Avaliação in vitro da retenção às superfícies radiculares, através da resistência à extrusão, de dois pinos de fibras de vidro cimentados com três cimentos à base de resina** [Tese]. Bauru: USP/FOB; 2003.

Baldissara P, Zicari F, Valandro LF, Scotti R. Effect of root canal treatments on quartz fiber posts bonding to root dentin. **J Endod.** No prelo, 2006.

Bitter K, Priehn K, Martus P, Kielbassa AM. In vitro evaluation of push-out bond strengths of various luting agents to tooth-colored posts. **J Prosthet Dent.** 2006 Apr; 95(4):302-10.

Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer J, Pashley DH. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. **Dent Mater.** 2003 May; 19(3):199-205.

* De acordo com a norma da UNICAMP/FOP, baseada no modelo Vancouver. Abreviaturas dos periódicos em conformidade com o Medline.

Cailleteau JG, Rieger MR, Ed Akin J. A comparison of intracanal stresses in a post restored tooth utilizing the finite element method. **J Endod**. 1992 Nov; 18(11): 540-4.

Chan FW, Harcourt JK, Brockhurst PJ. The effect of post adaptation in the root canal on retention of posts cemented with various cements. **Aust Dent J**. 1993 Feb; 38(1):39-45.

Cordeiro NPD. **Resistência ao cisalhamento por extrusão – “push-out” – de pinos de fibra de vidro à dentina intra-radicular** [Tese]. Piracicaba: UNICAMP/FOP; 2003.

Cury AH, Goracci C, de Lima Navarro MF, Carvalho RM, Sadek FT, Tay FR, Ferrari M. Effect of hygroscopic expansion on the push-out resistance of glass ionomer-based cements used for the luting of glass fiber posts. **J Endod**. 2006 Jun; 32(6):537-40.

Drummond JL. In vitro evaluation of endodontic posts. **Am J Dent**. 2000 May; 13(Spec No): 5B-8B.

Fernandes AS, Shetty S, Coutinho I. Factors determining post selection: a literature review. **J Prosthet Dent**. 2003 Dec; 90(6):556-62.

Ferrari M, Grandini S, Simonetti M, Monticelli F, Goracci C. Influence of a microbrush on bonding fiber post into root canals under clinical conditions. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**. 2002 Nov; 94(5):627-31.

Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Crysanti M, Mjör IA. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. **Am J Dent**. 2000c Oct; 13(5):255-60.

Ferrari M, Vichi A, García-Godoy F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and core. **Am J Dent**. 2000b May; 13(Spec No):15B-18B.

Ferrari M, Vichi A, Grandini S. Efficacy of different adhesive techniques on bonding to root canal walls: an SEM investigation. *Dent Mater*. 2001 Sep; 17(5):422-9.

Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Mason PN. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent*. 2000a May; 13(Spec No): 9B-13B.

Gaston BA, West LA, Liewehr FR, Fernandes C, Pashley DH. Evaluation of regional bond strength of resin cement to endodontic surfaces. *J Endod*. 2001 May; 27(5):321-4.

Giachetti L, Scaminaci Russo D, Bertini F, Giuliani V. Translucent fiber post cementation using a light-curing adhesive/composite system: SEM analysis and pull-out test. *J Dent*. 2004 Nov; 32(8):629-34.

Goracci C, Fabianelli A, Sadek FT, Papacchini F, Tay FR, Ferrari M. The contribution of friction to the dislocation resistance of bonded fiber posts. *J Adhes Dent*. 2005b Aug; 31(8):608-12.

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*. 2005a May; 21(5):437-44.

Goracci C, Sadek FT, Fabianelli A, Tay FR, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts to intraradicular dentin. *Oper Dent*. 2005c Sep-Oct; 30(5):627-35.

Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, Tay F, Ferrari M. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci*. 2004 Aug; 112(4):353-61.

Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Borracchini A, Ferrari M. SEM evaluation of the cement layer thickness after luting two different posts. *J Adhes Dent*. 2005b Autumn; 7(3):235-40.

Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Tay FR, Ferrari M. Fatigue resistance and structural characteristics of fiber posts: three-point bending test and SEM evaluation. **Dent Mater.** 2005a Feb; 21(2):75-82.

Grandini S, Goracci C, Tay FR, Grandini R, Ferrari M. Clinical evaluation of the use of fiber posts and direct resin restorations for endodontically treated teeth. **Int J Prosthodont.** 2005c Sep-Oct; 18(5):399-404.

Grandini S, Sapio S, Simonetti M. Use of anatomic post and core for reconstructing an endodontically treated tooth: a case report. **J Adhes Dent.** 2003 Fall; 5(3):243-247.

Holmes DC, Diaz-Arnold AM, Leary JM. Influence of post dimension on stress distribution in dentin. **J Prosthet Dent.** 1996 Feb; 75(2):140-7.

Iglesia-Puig MA, Arellano-Cabornero A. Fiber-reinforced post and core adapted to a previous metal ceramic crown. **J Prosthet Dent.** 2004 Feb; 91(2):191-4.

Kalkan M, Usumez A, Ozturk AN, Belli S, Eskitascioglu G. Bond strength between root dentin and three glass-fiber post systems. **J Prosthet Dent.** 2006 Jul; 96(1):41-6.

Keyf F, Sahin E. Retentive properties of three post-core systems. **Aust Dent J.** 1994 Feb; 39(1):20-4.

Kimmel SS. Restoration of endodontically treated tooth containing wide or flared canal. **N Y State Dent J.** 2000 Dec; 66(10):36-40.

Kurtz JS, Perdigão J, Geraldeli S, Hodges JS, Bowles WR. Bond strength of tooth-colored posts. Effect of sealer, dentin adhesive, and root region. **Am J Dent.** 2003 Sep; 16(Spec No):31A-36A.

Lanza A, Aversa R, Rengo S, Apicella D, Apicella A. 3D FEA of cemented steel, glass and carbon posts in a maxillary incisor. **Dent Mater.** 2005 Aug; 21(8):709-15.

Lassila LV, Tanner J, Le Bell AM, Narva K, Vallittu PK. Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. **Dent Mater.** 2004 Jan; 20(1):29-36.

Leary JM, Holmes DC, Johnson WT. Post and core retention with different cements. **Gen Dent.** 1995 Sep-Oct; 43(5):416-9.

Liberman R, Ben-Amar A, Urstein M, Gontar G, Fitzig S. Conditioning of root canals prior to dowel cementation with composite luting cement and two dentine adhesive systems. **J Oral Rehabil.** 1989 Nov; 16(6):597-602.

Love RM, Purton DG. Retention of posts with resin, glass ionomer and hybrid cements. **J Dent.** 1998 Sep; 26(7):599-602.

Lui JL. Composite resin reinforcement of flared canals using light-transmitting plastic posts. **Quintessence Int.** 1994 May; 25(5):313-9.

Mannocci F, Innocenti M, Ferrari M, Watson TF. Confocal and scanning electron microscopic study of teeth restored with fiber posts, metal posts and composite resins. **J Endod.** 1999 Dec; 25(12):789-94.

Mannocci F, Sherriff M, Ferrari M, Watson TF. Microtensile bond strength and confocal microscopy of dental adhesives bonded to root canal dentin. **Am J Dent.** 2001 Aug; 14(4):200-4.

Martins LRM. **Avaliação da resistência à fratura de raízes debilitadas reconstruídas morfológicamente com materiais adesivos** [Tese]. Piracicaba: UNICAMP/FOP; 1995.

Mendoza DB, Eakle WS. Retention of posts cemented with various dentinal bonding cements. **J Prosthet Dent.** 1994 Dec; 72(6):591-4.

Mezzomo E, Massa F, Líbera SD. Fracture resistance of teeth restored with two different post-and-core designs cemented with two different cements: an in vitro study. Part I. **Quintessence Int.** 2003 Apr; 34(4):301-6.

Mitsui FH, Marchi GM, Pimenta LA, Ferraresi PM. In vitro study of fracture resistance of bovine roots using different intraradicular post systems. **Quintessence Int.** 2004 Sep; 35(8):612-6.

Monticelli F, Toledano M, Tay FR, Sadek FT, Goracci C, Ferrari M. A simple etching technique for improving the retention of fiber posts to resin composites. **J Endod.** 2006 Jan; 32(1):44-7.

Newman MP, Yaman P, Dennison J, Rafter M, Billy E. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with composite posts. **J Prosthet Dent.** 2003 Apr; 89(4):360-7.

Ozturk N, Usumez A, Usumez S, Ozturk B. Degree of conversion and surface hardness of resin cement cured with different curing units. **Quintessence Int.** 2005 Nov-Dec; 36(10):771-7.

Patierno JM, Rueggeberg FA, Anderson RW, Weller RN, Pashley DH. Push-out strength and SEM evaluation of resin composite bonded to internal cervical dentin. **Endod Dent Traumatol.** 1996 Oct; 12(5):227-236.

Pest LB, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. **Dent Mater.** 2002 Dec; 18(8):596-602.

Pirani C, Chersoni S, Foschi F, Piana G, Loushine RJ, Tay FR, Prati C. Does hybridization of intraradicular dentin really improve fiber post retention in endodontically treated teeth? **J Endod.** 2005 Dec; 31(12):891-4.

Pithan S, Vieira Rde S, Chain MC. Tensile bond strength of intracanal posts in primary anterior teeth: an in vitro study. **J Clin Pediatr Dent.** 2002 Fall;27(1):35-9.

Pizi ECG. **Avaliação da resistência e do padrão de fratura de coroas cerâmicas fixadas sobre diferentes reconstruções** [Tese]. Piracicaba: UNICAMP/FOP; 2003.

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 Sep-Oct; 28(5):515-21.

Purton DG, Payne JA. Comparison of carbon fiber and stainless steel root canal posts. **Quintessence Int.** 1996 Feb; 27(2):93-7.

Sahafi A, Peutzfeld A, Asmussen E, Gotfredsen K. Effect of surface treatment of prefabricated posts on bonding of resin cement. **Oper Dent.** 2004 Jan-Feb; 29(1):60-8.

Sahafi A, Peutzfeld A, Asmussen E, Gotfredsen K. Retention and failure morphology of prefabricated posts. **Int J Prosthodont.** 2004 May-Jun; 17(3):307-12.

Saupe WA, Gluskin AH, Radke RA Jr. A comparative study of fracture resistance between morphologic dowel and cores and a resin-reinforced dowel system in the intraradicular restoration of structurally compromised roots. **Quintessence Int.** 1996 Jul; 27(7):483-91.

Schilke R, Lisson JA, Bauss O, Geurtsen W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. **Arch Oral Biol.** 2000 May; 45(5):355-61.

Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. **J Endod.** 2004 May; 30(5):289-301.

Sen D, Poyrazoglu E, Tuncelli B. The retentive effects of pre-fabricated posts by luting cements. **J Oral Rehabil.** 2004 Jun; 31(6):585-9.

Soares CJ, Mitsui FH, Neto FH, Marchi GM, Martins LR. Radiodensity evaluation of seven root post systems. *Am J Dent*. 2005 Feb; 18(1):57-60.

Stockton LW. Factors affecting retention of post systems: a literature review. *J Prosthet Dent*. 1999 Apr; 81(4):380-5.

Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. *J Endod*. 2005 Aug; 31(8):584-9.

Varela SG, Rábade LB, Lombardero PR, Sixto JML, Bahillo JDG, Park SA. In vitro study of endodontic post cementation protocols that use resin cements. *J Prosthet Dent*. 2003 Feb, 89(2):146-53.

Velmurugan N, Parameswaran A. Custom-made resin post and core. *Oper Dent*. 2004 Jan-Feb; 29(1):112-4.

Vichi A, Grandini S, Davidson CL, Ferrari M. An SEM evaluation of several adhesive systems used for bonding fiber posts under clinical conditions. *Dent Mater*. 2002b Nov; 18(7):495-502.

Vichi A, Grandini S, Ferrari M. Comparison between two clinical procedures for bonding fiber posts into a root canal: a microscopic investigation. *J Endod*. 2002a May; 28(5):355-60.

Wakefield CW, Draughn RA, Sneed WD, Davis TN. Shear bond strengths of six bonding systems using the pushout method of in vitro testing. *Oper Dent*. 1998 Mar-Apr; 23(2):69-76.

Wu X, Chan ATT, Chen Y, Yip KH, Smales RJ. Effectiveness and dentin bond strengths of two materials for reinforcing thin-walled roots. *Dent Mater*. No prelo 2006.

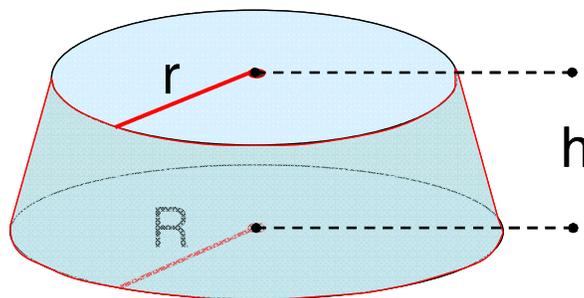
ANEXO 1: Relação de fórmulas utilizadas para conversão dos dados obtidos em kgf para MPa:

- Conversão dos valores obtidos em quilograma-força para Newton:

$$F = \text{kgf} \cdot 9,8$$

- F = força em Newtons (N)
- Kgf = resistência registrada pela máquina de ensaios em quilograma-força (kgf)
- $1\text{N} = 9,8 \text{ m/s}^2$
- Cálculo da área de superfície interna do segmento radicular:
 - Área lateral de tronco de cone

$$A_L = \pi(R + r)\sqrt{h^2 + (R - r)^2}$$



- Cálculo da tensão de retenção para o teste *push-out*:

$$T = \frac{F}{A}$$

- T = tensão de extrusão (MPa)
- F = força necessária para extrusão (N)
- A = área de superfície aderida (mm^2)

ANEXO 2: Análise estatística

data file: Análise Estatística.STA [60 cases with 3 variables]

DESIGN: 2 - way ANOVA , fixed effects
 DEPENDENT: 1 variable: RESIST
 BETWEEN: 1-TRAT (2): Cimentad Reembasa
 2-TERcOS (3): Cervical Medio Apical
 WITHIN: none

STAT. Summary of all Effects; design:
 GENERAL 1-TRAT, 2-TERcOS
 MANOVA

Effect p-level	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F
1 ,000000*	1*	605,4770*	54*	7,143329*	84,76118*
2 ,168511	2	13,1494	54	7,143329	1,84079
12 ,474959	2	5,3924	54	7,143329	,75489

STAT. Contrasts, factor: (análise estatística.sta)
 GENERAL TRAT
 MANOVA (between-groups)

contrast	Cimentad	Reembasa
1	1	1

STAT. Contrasts, factor: (estatística da tese - modificado.sta)
 GENERAL TERcOS
 MANOVA (between-groups)

contrast	Cervical	Medio	Apical
1	1	1	1

STAT. Planned Comparison (estatística da tese - modificado.sta)
 GENERAL 1-TRAT, 2-TERcOS
 MANOVA

Univar. Test	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-level
Effect	4002,158	1	4002,158	560,2651	,000000
Error	385,740	54	7,143		

STAT. Means (estatística da tese - modificado.sta)
 GENERAL 1 Dependent Variable
 MANOVA

TRAT	TERcOS	RESIST	Valid N
Cimentad	Cervical	6,23612	10
Cimentad	Medio	4,27055	10
Cimentad	Apical	4,46481	10
Reembasa	Cervical	11,83266	10
Reembasa	Medio	11,80786	10
Reembasa	Apical	10,39102	10

All Groups 8,16717 60

STAT. Standard Deviations (estatistica da tese - modificado.sta)
GENERAL 1 Dependent Variable
MANOVA

TRAT	TERCOS	RESIST	Valid N
Cimentad	Cervical	2,683546	10
Cimentad	Medio	2,002424	10
Cimentad	Apical	2,817539	10
Reembasa	Cervical	1,685072	10
Reembasa	Medio	3,864712	10
Reembasa	Apical	2,436157	10
All Groups		4,174784	60

STAT. Levene's Test for Homogeneity of Variances
GENERAL (ANOVA on absolute within-cell deviation scores)
MANOVA Degrees of freedom for all F's: 5,54

variable	MS Effect	MS Error	F	p-level
RESIST	3,930318	2,282716	1,721773	,145312

VARIABLES AND THEIR TEXT VALUES:

Var 3: RESIST - Resistencia a extrusao em MPa (-9999)
 No text values

Var 1: TRAT - Tratamento realizado para cada grupo (-9999)

Text	Numeric	Long label
Cimentad	100	
Reembasa	101	

Var 2: TERCOS - Regiao radicular analisada (-9999)

Text	Numeric	Long label
Cervical	100	
Medio	101	
Apical	102	

INDEPENDENT VARIABLES (between-groups factors):

TRAT Number of Levels: 2 Codes: level 1: 100-Cimentad
 level 2: 101-Reembasa
 TERCOS Number of Levels: 3 Codes: level 1: 100-Cervical
 level 2: 101-Medio
 level 3: 102-Apical

DESIGN: 2 - way ANOVA , fixed effects
 DEPENDENT: 1 variable: RESIST
 BETWEEN: 1-TRAT (2): Cimentad Reembasa
 2-TERCOS (3): Cervical Medio Apical
 WITHIN: none

STAT. Tukey HSD test; variable RESIST
GENERAL Probabilities for Post Hoc Tests
MANOVA MAIN EFFECT: TRAT

TRAT	TERcOS	{1}	{2}
		4,990489	11,34385
Cimentad {1}		,000112 *
Reembasa {2}	,000112 *	

STAT. GENERAL MANOVA

Tukey HSD test; variable RESIST
Probabilities for Post Hoc Tests
MAIN EFFECT: TERcOS

TRAT	TERcOS	{1}	{2}	{3}
		9,034387	8,039201	7,427916
....	Cervical {1}		,471665	,148363
....	Medio {2}	,471665		,750925
....	Apical {3}	,148363	,750925	

STAT. GENERAL MANOVA

Tukey HSD test; variable RESIST
Probabilities for Post Hoc Tests
INTERACTION: 1 x 2

{5}	TRAT	TERcOS	{1}	{2}	{3}	{4}
			6,236116	4,270546	4,464807	11,83266
	Cimentad	Cervical {1}		,573577	,677050	,000395*
	,000421*					
	Cimentad	Medio {2}	,573577		,999985	,000138*
	,000139*					
	Cimentad	Apical {3}	,677050	,999985		,000139*
	,000139*					
	Reembasa	Cervical {4}	,000395*	,000138*	,000139*	
	1,000000					
	Reembasa	Medio {5}	,000421*	,000139*	,000139*	1,000000
	Reembasa	Apical {6}	,012434*	,000188*	,000230*	,832039
	,841915					

STAT. GENERAL MANOVA

Tukey HSD test; variable RESIST
Probabilities for Post Hoc Tests
INTERACTION: 1 x 2

TRAT	TERcOS	{6}
		10,39102
Cimentad	Cervical {1}	,012434*
Cimentad	Medio {2}	,000188*
Cimentad	Apical {3}	,000230*
Reembasa	Cervical {4}	,832039
Reembasa	Medio {5}	,841915
Reembasa	Apical {6}	

STAT. GENERAL MANOVA

Tukey HSD test; variable RESIST
Homogeneous Groups, alpha=.05
INTERACTION: 1 x 2

TRAT	TERcOS	Mean	1	2
Cimentad	Medio {2}	4,27055	xxxx	
Cimentad	Apical {3}	4,46481	xxxx	
Cimentad	Cervical {1}	6,23612	xxxx	
Reembasa	Apical {6}	10,39102		xxxx
Reembasa	Medio {5}	11,80786		xxxx
Reembasa	Cervical {4}	11,83266		xxxx