

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**



**NARA PEREIRA D'ABREU CORDEIRO
CIRURGIÃ-DENTISTA**

**RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO POR
EXTRUSÃO –“PUSH OUT” - DE PINOS DE FIBRA
DE VIDRO À DENTINA INTRA-RADICULAR**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas para a obtenção do Título de Doutor em Clínica Odontológica, Área de Dentística.

PIRACICABA-2003

**UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

**NARA PEREIRA D'ABREU CORDEIRO
CIRURGIÃ-DENTISTA**

**RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO POR
EXTRUSÃO –“PUSH OUT”- DE PINOS DE FIBRA
DE VIDRO À DENTINA INTRA-RADICULAR**

Orientador: Prof. Dr. Mário Fernando de Goes

Co-orientador: Prof. Dr. Luis Roberto M. Martins

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Bruno Carlini Júnior

Prof. Dr. Sizenando Toledo Porto Neto

Prof. Dr. Luiz Alexandre Maffei Sartini Paulillo

Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti

Prof. Dr. Mário Fernando de Goes

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas para a obtenção do Título de Doutor em Clínica Odontológica, Área de Dentística.

Este exemplar foi devidamente corrigido,
de acordo com a Resolução CCPG-036/03
CPG. 7/06/03
Assinatura do Orientador

PIRACICABA-2003

UNIDADE	BC
Nº CHAMADA	FT/Unica-P
	C811r
V	EX
TOMBO BC	55830
PROC	16/124103
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	18/01/03
Nº CPD	

CM00189077-6

bit id 199951

Ficha Catalográfica

C811r Cordeiro, Nara Pereira D'Abreu.
 Resistência ao cisalhamento por extrusão – “Push out” – de pinos de fibra de vidro à dentina intra-radicular. / Nara Pereira D'Abreu Cordeiro. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2003.
 x, 90f. : il.

Orientador : Prof. Dr. Mário Fernando de Goes.
 Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

I. Dentística. I. Goes, Mário Fernando de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marilene Girello CRB/8-6159, da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.



FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de DOUTORADO, em sessão pública realizada em 12 de Março de 2003, considerou a candidata NARA PEREIRA D'ABREU CORDEIRO aprovada.

1. Prof. Dr. MARIO FERNANDO DE GOES

2. Prof. Dr. BRUNO CARLINI JUNIOR

3. Prof. Dr. SIZENANDO TOLEDO PORTO NETO

4. Prof. Dr. LUIS ALEXANDRE MAFFEI SARTINI PAULILLO

5. Prof. Dr. MARIO ALEXANDRE COELHO SINHORETI

AGRADECIMENTOS

À Direção da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, na pessoa do seu Diretor Prof. Dr TALES ROCHA DE MATTOS FILHO e do Diretor Associado Prof. Dr. OSLEI PAES DE ALMEIDA.

Ao Prof. Dr. MARIO FERNANDO DE GOES, Titular da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba- UNICAMP, pela seriedade, competência e dedicação à docência. Sua incansável busca pela qualidade serviu como estímulo para realização deste trabalho. Ter me acolhido como sua orientada foi motivo de grande felicidade e orgulho.

Ao Prof. Dr. MÁRIO ALEXANDRE COELHO SINHORETTI, Assistente da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba- UNICAMP, pela orientação na análise estatística da tese e pela maneira serena e simples de ensinar;

Ao Prof. Dr. LUIZ ALEXANDRE MAFFEI SARTINI PAULILLO, Assistente da Área de Dentística da Faculdade de Odontologia de Piracicaba- UNICAMP, por ter sido um exemplo de Professor para minha carreira docente, trabalhando com responsabilidade,

seriedade e acima de tudo, considerando a verdade científica como o argumento mais importante.

Aos Professores da Área de Dentística, XANDÃO, BETO, MARCELO, LOVA E LUIZ ANDRÉ, pelos ensinamentos e estímulo para minha formação profissional.

Aos colegas de turma e queridos amigos de Doutorado, CARLOTA, BRUNO, GISELE, CAMILA, VICENTE, SOLANGE, ANDRÉ, ANDRÉ BRISO e ROBERTA, pelos bons momentos, pela amizade e companheirismo nos momentos difíceis.

À Banca de Qualificação composta pelos Profs. Drs. MARCELO GIANINI, CAIO FERRAZ E LUIZ ALEXANDRE PAULLILO, pela disposição em ler o trabalho e fazer sugestões de tão grande valia.

Aos meus amados pais, CARLOTA E MARCOS pelo apoio e estímulo constantes. Sem vocês seria impossível concretizar este sonho.

Ao querido amigo BRUNO CARLINI, sempre de bom humor e disposto a ajudar, pelo exemplo de perfeccionismo nas mínimas coisas e pelo carácter inquestionável. Agradeço imensamente pelo auxílio na obtenção das imagens de microscopia eletrônica de varredura deste trabalho.

A minha querida amiga CARLOTA CRISTINA pela verdadeira amizade e companheirismo.

Ao técnico especializado da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, Engenheiro MARCOS BLANCO CANGIANI, sempre disposto a fornecer segura orientação nos trabalhos realizados no laboratório.

À Sra. SELMA A.B. SEGALLA, técnica da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, pela atenção e boa vontade em ajudar.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao meu marido ADRIANO DOBRANSZKI, meu grande amor, que me faz querer ser uma pessoa melhor a cada dia, por toda paciência, pelo carinho e pela participação ativa nas coisas importantes da minha vida. Sem você nada disto teria sentido...

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	3
1. INTRODUÇÃO	5
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	8
3. PROPOSIÇÃO.....	47
4. MATERIAIS E MÉTODO	48
Seleção e Preparo das Raízes.....	52
Preparo dos Canais Radiculares.....	52
Preparo das Superfícies dos Pinos de Fibra de Vidro.....	53
Grupo 1- Cimentação dos Pinos	53
Grupo 2- Cimentação dos Pinos	54
Seccionamento das Raízes em Terços.....	55
Planificação das Superfícies das Secções Radiculares.....	56

Ensaio Mecânico de Cisalhamento por Extrusão – "Push Out".....	56
Microscopia Eletrônica de Varredura	58
5. RESULTADOS	60
Características morfológicas das superfícies fraturadas após "push out"	63
6. DISCUSSÃO.....	71
7. CONCLUSÃO	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXO 1	84
ANEXO 2	87
ANEXO 3	90

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência ao cisalhamento por extrusão (push out) entre a dentina intra-radicular e pinos de fibra de vidro nas regiões cervical, média e apical de raízes utilizando dois sistemas de cimentação adesiva. Foram selecionados vinte pré-molares inferiores unirradiculares recém extraídos por motivos ortodônticos, hígidos e livres de trincas. As coroas dos dentes foram removidas na altura da junção cimento-esmalte. As polpas dentais foram removidas através de limas endodônticas e os condutos radiculares foram preparados com brocas de *largo* nº 5, com 8,0mm de penetração. As raízes foram divididas em dois grupos de 10: Grupo 1- pino fixados com o sistema adesivo autocondicionante *ED Primer* e cimento resinoso *Panavia F*; Grupo 2- pinos fixados com o sistema adesivo de frasco único *Single Bond* e cimento resinoso *Rely X*. Após a fixação dos pinos, as raízes foram mantidas em estufa a 37°C, por 24 h. A porção mais apical das raízes foi seccionada até a altura em que a raiz apresentasse 8,0mm de comprimento. Em seguida, as raízes foram seccionadas transversalmente e 3 discos de 2,7mm de altura foram obtidas e classificadas segundo a região cervical, média e apical do pino. O ensaio de resistência de união por extrusão foi realizado em máquina de ensaio universal *Instron 4411* onde uma haste metálica com ponta ativa de 1,0mm de diâmetro produziu a carga para efetuar o deslocamento do pino do conduto radicular. Os valores médios de resistência de união por extrusão não apresentaram diferenças

estatísticas significantes no terço cervical da raiz entre os dois materiais de fixação avaliados. Nas regiões média e apical do conduto, os valores de resistência de união apresentados pelo *Single Bond + Rely X* foram superiores e estatisticamente diferentes em relação aos valores apresentados pelo sistema *ED Primer + Panavia F* ($p < 0,05$). Para os dois materiais em estudo, não houve diferença estatística quando comparadas as regiões média e cervical do pino, porém apresentaram diferença estatística em relação à região apical ($p < 0,05$). Após o ensaio de cisalhamento por extrusão, os espécimes foram seccionados no sentido longitudinal para análise em microscopia eletrônica de varredura. A zona de interdifusão adesivo/dentina produzida pelo adesivo de frasco único *Single Bond* apresentou-se mais espessa do que a zona de interdifusão apresentada pelo adesivo autocondicionante *ED Primer*. Houve áreas desmineralizadas com presença de túbulos dentinários abertos porém parcialmente preenchidos pela resina em ambos os grupos. Também foram observadas bolhas que variaram de tamanho e forma na camada de cimento junto à área da interface de união e mais constantes no terço apical das raízes.

Palavras-chave: pino de fibra de vidro; cimento resinoso; sistema adesivo; resistência de união; “push out”.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the bond strength between fiber posts cemented in root dentin considering different depths of the roots (cervical, median and apical) and two luting materials, through push out tests and to examine the integration among these components through scanning electron microscopy. Twenty sound bicuspid, free from cracks, extracted for orthodontic reasons, were selected. The crowns were removed at the cement-enamel junction. The pulps were removed with endodontic reamers and the first 8,0mm of the canals were shaped with number 5 *largo* burs. The roots were divided into two groups of 10 each. The roots from group 1 received fiber posts cemented with the self etching primer *ED Primer* and the composite resin *Panavia F.*, while the roots of Group 2 received fiber posts cemented with the one bottle adhesive *Single Bond* and the composite resin *Rely X*. After the posts cementation, the roots were kept in humidity at 37° C for 24 hours. The most apical part of the roots were sectioned until they were 8.0mm long. After that, the roots were sectioned transversally and three 2.7mm thick sections were obtained: cervical, median and apical. The push out test that evaluated bond strength between luting material and root dentin was carried out on an *Instron (4411)* testing machine. The specimens were positioned on a steel support platform with the post centered over a 2.0mm hole in the platform. A steel probe 1.0mm in diameter was centered over the post and used to apply force to the test specimens. Data from

the push out test revealed no statistically significant differences at the cervical portion of the root between the two cementation systems tested. At the median and apical portion of the root, the bond strength values presented by the *Single Bond* and *Rely X* were superior and statistically different from those presented by *ED Primer* and *Panavia F* ($P < 0,05$). After the push out test, the specimens were sectioned longitudinally for observation in scanning electron microscope. Afterwards, the specimens were gold sputtered to have their failure mode evaluated. The adhesive/dentin hybrid layer formed by the one bottle adhesive *Single Bond* was thicker than the one formed by the self etching *ED primer*. There were zones of demineralization in the root dentin not filled with the adhesive for both groups. Many voids could be observed at the cement layer close to the bonding area and they seemed to be more frequent at the apical portion of the roots.

Key words: fiber post, resin cement, adhesive system, bond strength, push out.

1. INTRODUÇÃO

O objetivo principal de um pino intra-radicular é promover retenção à restauração final do dente e não propriamente reforçar sua estrutura (GUZY & NICHOLLS 1979). Prova disto é o enfraquecimento do remanescente radicular produzido pelo pino metálico fundido em várias situações clínicas e que pode ocasionar uma fratura não recuperável do remanescente dental (SIRIMAI *et al.* 1999, GUSY & NICHOLLS 1979, MARTINEZ-INSUA *et al.* 1998, DIETSCHI *et al.* 1997, FERRARI *et al.* 2000). De acordo com ASSIF *et al.*(1989) e CAILLETEAU *et al.*(1992) isto está relacionado ao alto módulo de elasticidade dos pinos metálicos fundidos e à transferência do momento flector para o terço apical resultando em acúmulo de tensões na região.

Com o intuito de melhorar a distribuição de tensões no remanescente dental, diminuindo a possibilidade de fraturas radiculares, DURET *et al.* (1990) introduziram na França os pinos de fibras pirolíticas de carbono arranjadas longitudinalmente numa matriz de resina epóxica. Estes pinos apresentam alta resistência à fadiga e módulo de elasticidade semelhante ao da dentina (ASMUSSEM *et al.* 1999) e uma natureza química compatível com o monômero Bis-GMA comumente utilizado nos sistemas de fixação resinosos (FERRARI 2000).

Entretanto, os pinos de fibra de carbono possuem uma estética desfavorável devido a sua coloração acinzentada. Assim, foi introduzido o pino de fibra de vidro, composto por fibras longitudinais de dióxido de silício e alumina envoltas em uma matriz de Bis-GMA juntamente com partículas inorgânicas. Segundo ASMUSSEM *et al.* (1999), o módulo de elasticidade também é similar ao da dentina e, além disso, são passíveis de união aos compósitos odontológicos, como salientou DIETSCHI *et al.* (1997). Essas características determinam a minimização da transmissão de esforços mecânicos à estrutura dental (DRUMMOND 2000). Estudos conduzidos *in vivo* por FERRARI *et al.* (2000) mostraram resultados favoráveis em 97,8% dos casos em que pacientes receberam pinos de fibra de vidro associados a restaurações diretas e indiretas, após seis anos de avaliação clínica. Segundo os autores, o percentual de falhas apresentado ocorreu devido ao deslocamento dos pinos que, por sua vez, foram atribuídas ao sistema de cimentação utilizado.

Por outro lado, novos sistemas adesivos têm sido utilizados no mercado diferindo entre si na composição química e na complexidade de aplicação. Em sua maioria dependem da remoção ou da modificação da *smear layer*, desmineralização da dentina superficial e a permeação do substrato por um monômero bifuncional hidrófilo para formação da camada híbrida (NAKABAYASHI *et al.* 1982, NAKABAYASHI *et al.* 1991). Duas estratégias de união têm sido aceitas para a obtenção da camada híbrida. A primeira, chamada técnica do condicionamento ácido total ou de união úmida, baseia-se na remoção completa

da *smear layer* e conseqüente desmineralização da dentina subjacente por meio do condicionamento da superfície dentinária com ácidos orgânicos ou minerais, resultando em uma superfície desmineralizada, em que as resinas devem-se difundir para formar a camada híbrida. A segunda estratégia utiliza monômeros ácidos, chamados de primers autocondicionantes, que desmineralizam parcialmente a *smear layer* e a dentina subjacente, incorporando-as e usando-as como substrato para união (HAYAKAWA *et al.* 1998, NAKABAYASHI & PASHLEY 2000).

Estes sistemas de união têm sido amplamente utilizados para fixar pinos intra-radiculares pré-fabricados às paredes do canal radicular quando associados a cimentos resinosos. No entanto, a resistência de união específica dos pinos de fibra de vidro em diferentes regiões do conduto radicular não está devidamente estabelecida. Adicionalmente, existem as dificuldades nos procedimentos técnicos de união que são inerentes à morfologia da dentina radicular (FERRARI *et al* 2000, MJOR 2001) e também relacionada às técnicas de fixação do pino no conduto (FERRARI *et al* 2001). Dessa forma, falhas de união dos pinos às paredes do canal podem levar ao insucesso da restauração final, tanto por deslocamento do pino como por fratura da raiz ou do próprio pino intra-radicular. Sendo assim, a proposta deste estudo foi avaliar a resistência de união de pinos de fibra de vidro em três níveis de profundidade do conduto radicular utilizando dois sistemas de fixação de pinos com características distintas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A crença de que dentes tratados endodonticamente são menos resistentes do que dentes polpados sempre foi uma realidade para grande parte dos cirurgiões dentistas. A falta de informações consistentes levou FUSAYAMA e MAEDA, em 1969, a pesquisarem as propriedades destes dentes. Com o objetivo de determinar a influência da remoção da polpa na dureza dentinária, selecionaram 18 pares de dentes de cães, seccionados nas porções cervical e coronária. Coletaram as amostras de dentina e as submeteram ao teste de microdureza Knoop, que demonstrou menor dureza na dentina de dentes jovens, junto à câmara pulpar ou junto ao canal radicular. Este resultado sugere que a interrupção da maturação do colágeno resultou numa camada de dentina mais fina e de menor resistência, se comparada aos dentes vitais. Entretanto, nas demais regiões os valores foram similares. Nos dentes com idade superior, não foi detectada diferença estatística significativa entre dentes vitais e não vitais. Os autores concluíram que a dureza dentinária não diminuiu significativamente em dentes despolpados.

TRABERT *et al.*, em 1978, realizaram estudo para avaliar a resistência a um trauma simulado em incisivos centrais superiores humanos. Dentes hígidos, tratados endodonticamente e dentes tratados endodonticamente

que receberam pinos paralelos de aço foram submetidos a forças idênticas de impacto. Compararam os valores obtidos pelos três grupos com o tamanho do preparo do canal radicular e ao diâmetro dos pinos. Os resultados deste estudo mostraram que a preservação da estrutura dental interna e o uso de pinos mais estreitos em dentes que possuem tratamento endodôntico acarretaram melhores resistências à fratura. Não houve diferenças estatísticas significantes nos valores de resistência à fratura entre dentes tratados endodonticamente ou não.

Questionando o fato de que pinos intra-radulares reforçam os dentes, GUZY & NICHOLLS, em 1979, realizaram um estudo com o intuito de comparar, *in vitro*, a resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente, restaurados ou não com pinos intra-radulares. Os autores selecionaram cinquenta e nove incisivos centrais superiores e caninos superiores e inferiores livres de trincas, cáries ou fraturas. Trataram todos os dentes endodonticamente, sendo que metade deles recebeu pinos intra-radulares metálicos cônicos serrilhados. Fixaram os pinos com cimento de fosfato de zinco e os restauraram com cimento de silicato. Incluíram os dentes em blocos de resina acrílica e os mantiveram em soro fisiológico. Um carregamento axial de compressão foi aplicado à face palatina dos dentes, num ângulo de 130°, por uma máquina de ensaios universal Instron. Avaliaram os padrões de fratura apresentados pelos dentes. Cinquenta e oito dentes fraturaram abaixo da junção cimento-esmalte.

Um dente apresentou uma fratura oblíqua ao longo do canal radicular envolvendo tanto coroa quanto raiz. Dentes que não possuíam pinos intra-radiculares fraturaram na porção média ou coronária da raiz. Dentes restaurados com pinos fraturaram ao longo do corpo do pino. Não houve comprovação estatística de reforço radicular ao se utilizar pinos intra-radiculares.

A fim de detectar as mudanças estruturais das fibras colágenas decorrentes do tratamento endodôntico, RIVERA & YAMAUCHI, em 1981, compararam o entrelaçamento da malha de colágeno em dentes normais e tratados endodonticamente. Para realizar este experimento, utilizaram 24 dentes tratados endodonticamente e 13 dentes vitais, recém extraídos, com idades variando entre 13 e 76 anos. Os autores concluíram que o conteúdo de colágeno maturado e imaturo decresce com a idade. Além disso, perceberam que é menor sua quantidade nos dentes posteriores. Por fim, não detectaram diferenças na estrutura da malha colágena entre dentes vitais e não vitais.

NAKABAYASHI *et al.*, em 1982, testaram a eficiência de uma resina à base de 4-META (metacriloxietil trimelitato anidrido) na união ao tecido dentinário previamente condicionado com uma solução de ácido cítrico a 10% e cloreto férrico a 3%. Constataram que o 4-META, que é um monômero que possui

grupos hidrófobos e hidrófilos, infiltraram-se no tecido mineralizado, polimerizando *in situ* e melhorando a união com o substrato dentinário. O exame ao microscópio eletrônico de varredura sugeriu que estes monômeros resinosos infiltraram-se na rede de fibras colágenas e, após polimerizarem, produziram retenção micromecânica da resina na superfície dentinária. Os autores denominaram esta interdifusão de resina/dentina infiltrada de camada híbrida e concluíram que estes monômeros representam um novo conceito de materiais biocompatíveis para o uso na união dentinária.

Em 1989, ASSIF *et al.* realizaram um modelo fotoelástico de estudo para examinar a distribuição de tensões provocadas por diferentes tipos de restaurações colocadas ao término do tratamento endodôntico, enfatizando o modo pelo qual as forças aplicadas nas superfícies oclusais são distribuídas às estruturas de suporte do dente. Fotografaram as tensões obtidas através de um campo de luz polarizada. Os achados indicaram que a distribuição e o padrão de tensões variam dependendo da direção das forças e a natureza dos procedimentos restauradores envolvidos. Dentes hígidos induzem uma força tipo cunha nas estruturas de suporte sob forças verticais; já sob forças oblíquas apresentam-se igualmente distribuídas. A colocação de coroas totais muda o padrão de distribuição das forças externas aplicadas ao dente, havendo concentração ao longo da margem da coroa. Forças verticais aplicadas

diretamente ao pino cilíndrico e núcleo metálico fundido causaram alta concentração de tensões na porção apical do dente. Para os pinos cônicos, houve concentração tanto da junção cimento-esmalte quanto no ápice. Para forças oblíquas, houve alta concentração de tensões para os dois formatos de pino. No entanto, quando o pino e o núcleo foram recobertos por uma coroa total metálica com terminação em 2,0mm de estrutura dental sadia, não houve diferenças estatísticas entre os dois desenhos de pino. Os autores acreditam que o recobrimento dental com coroa total seja de grande valia, pois tende a mudar a distribuição das tensões do conjunto raiz, pino e núcleo e que as características do pino teriam pouco ou nenhum significado clínico e sim os demais fatores.

DAVIDSON *et al.* (1984) reportaram a influência da tensão de contração gerada durante a polimerização, nos modelos de cavidades de duas e três paredes, em sistemas de união das resinas compostas à dentina por foto ativação e ativação química. Nas cavidades de duas paredes, a resistência de união do material restaurador poderia opor-se as forças de contração por causa da adesão da resina composta desempenhada na superfície plana da dentina. Esta configuração permitiu uma grande área de superfície livre sem adesão ao dente, o que permite a deformação da resina através da superfície livre durante a sua contração de polimerização, fazendo com que as tensões sejam minimizadas na superfície de adesão do material restaurador. Nas cavidades em que a resina foi

unida a três paredes, a deformação foi restringida, conduzindo ao aumento da tensão gerada nas superfícies unidas.

Em 1987, FEILZER *et al* realizaram um experimento utilizando as resinas compostas auto-polimerizáveis Silar e P-10 (3M). Os materiais eram colocados em um aparato que permitia a regulagem para obtenção de diferentes configurações de cavidades. Quando este era ajustado, poderia-se obter a relação entre superfície aderida e não aderida de cada tipo de configuração. A tensão ocorrida durante a polimerização era mensurada por 30min. O resultados mostraram que quanto maior o valor do resultado da relação superfícies aderidas sobre superfícies não aderidas, maior a tensão gerada. Os autores propuseram o termo fator de configuração, ou fator C, para descrever a relação entre superfícies aderidas e não aderidas, e relacionaram com a classificação de Black para preparos cavitários. O valor 0,2 seria referente a resina sobre uma superfície dental plana. Simulando uma cavidade classe IV, o valor seria 0,5. Valores entre 1 e 2 representariam cavidades tipo III e II respectivamente. Os maiores valores ficariam para cavidades tipo classe V e I com valores 2 e 5 respectivamente. Os autores concluíram que quanto maior o valor do fator-C, maior o potencial de desenvolver tensões de contração entre as superfícies aderidas e a resina composta.

SORENSEN & ENGELMAN (1990) avaliaram a resistência à fratura de dentes tratados desvitalizados com diversos desenhos de virola e quantidades de estrutura dentária coronária remanescente. Os autores acreditam que o propósito da virola é melhorar a integridade de dentes despulpados contrabalanceando as forças oblíquas, minimizar o efeito cunha na raiz de pinos cônicos e as forças laterais desencadeadas durante a sua cimentação. Os autores concluíram que um milímetro de estrutura coronária na terminação da coroa já era suficiente para aumentar substancialmente a resistência de dentes tratados endodonticamente.

NAKABAYASHI *et al.*, em 1991, verificaram, por meio de microscopia eletrônica de varredura, a formação da chamada camada híbrida em dentina e esmalte, utilizando adesivos contendo 4- META em sua composição. Os exames microscópicos no esmalte revelaram um achado surpreendente, segundo os autores. De acordo com a teoria normalmente aceita da formação dos prolongamentos resinosos, o tratamento prévio do esmalte com ácido fosfórico cria retenções mecânicas pela dissolução do material interprismático; o adesivo penetra nas retenções microscópicas e cria união mecânica com o esmalte. Além disso, há uma penetração do adesivo ao redor dos cristais de hidroxiapatita, encapsulando-os. Uma análise química desta interface mostrou que os prolongamentos resinosos são formados puramente de resina e que no final

destes, há presença de uma delgada camada, onde a resina impregna o material interprismático, formando uma mistura de resina e esmalte. Esta zona de transição foi designada de camada híbrida em esmalte, que mostrou-se resistente a dissolução ácida com ácido clorídrico e talvez, segundo os autores, parece conferir uma certa resistência à cárie. Já em dentina, o 4-META inicialmente mostrou-se ineficaz, pois o ácido fosfórico utilizado como condicionador de esmalte e dentina desnaturava o colágeno dentinário. Os autores utilizaram então um tratamento prévio da dentina com a solução chamada 10-3 (ácido cítrico 10% e oxalato férrico 3%). Com isto, a resistência de união aumentou 200%. A formação de prolongamentos resinosos dentro dos túbulos dentinários foi idêntica, tanto quando foi usado o ácido fosfórico como quando se usou a solução 10-3, de tal forma que quando a solução 10-3 foi usada, notou-se a formação de uma zona intermediária constituída por dentina e resina, chamada também de camada híbrida. Os autores concluíram que quando a hibridização ocorre, a resistência de união aumenta significativamente, seja em esmalte ou dentina. Além disso, forma-se um selamento da dentina e do esmalte, prevenindo a hipersensibilidade e cáries secundárias.

HASEGAWA *et al.* (1991) conduziu um estudo para determinar a dureza alcançada por três cimentos resinosos de presa dual quando usados para cimentar *inlays* de resina composta. Após o ensaio mecânico de tração,

nenhum dos materiais utilizados foi capaz de tomar presa completamente 24 horas após a cimentação dos *inlays*. O componente químico de ativação não foi capaz de completar a presa dos cimentos quando a penetração da luz foi prejudicada pela presença da restauração.

SEDGLEY & MESSER, em 1992, compararam as propriedades biomecânicas entre 23 dentes tratados endodonticamente e seus homólogos vitais. Estudaram a resistência à tração, o módulo de elasticidade, a microdureza e a resistência à fratura. Os resultados obtidos através dos testes mostraram que os dentes vitais são numericamente (3,5%) mais resistentes que os dentes não vitais, porém esta maior resistência não pode ser comprovada estatisticamente. As similaridades entre as propriedades biomecânicas entre dentes vitais e não vitais indicam que o tratamento endodôntico não torna o dente mais frágil. Outros fatores podem ser mais críticos do que o tratamento endodôntico, como perda de estrutura dental por cárie, acesso endodôntico, sobre-instrumentação endodôntica, traumas e preparos cavitários.

O método de elemento finito foi utilizado por CAILLETEAU *et al*, em 1992, para comparar tensões geradas nas paredes internas do canal em quatro modelos tridimensionais de um incisivo central superior, sendo eles um

dente íntegro, um dente tratado endodonticamente, um dente tratado endodonticamente restaurado com uma coroa total metálica, e um dente tratado endodonticamente restaurado com um pino intracanal metálico cilíndrico e coroa total metálica. Aplicaram uma força estática horizontal de 1N na superfície lingual de cada modelo e calcularam os valores de resistência à tração, compressão e cisalhamento máximos usando um programa de análise de elemento finito PAFEC 75. Os autores concluíram que o padrão de tensão interno às raízes é alterado pela colocação de pinos intra-radiculares, sendo que não há uma distribuição uniforme de tensões ao longo do canal radicular. Localizaram valores máximos de tensão intra-radicular na porção apical do pino.

Em 1996, VERSLUIS *et al.*, utilizando o teste de análise de elemento finito, avaliaram a técnica incremental de inserção da resina composta para confecção de restaurações MOD. Quatro formas de inserção do material foram avaliadas, duas começando a partir da margem gengival e duas obliquamente por vestibular ou lingual, até o preenchimento da cavidade. Foram utilizadas quatro camadas de resina composta para cada técnica. Os autores concluíram que a contração de polimerização de cada incremento irá causar a deformação da resina devido à diminuição total do volume da mesma; como cada incremento diminui em volume após a polimerização, no final irá resultar em uma cavidade volumetricamente preenchida com menor volume de material que seu

volume inicial. Clinicamente este fator pode causar microinfiltração devido a falha na interface dente-restauração causada por esta contração.

A demanda por restaurações em defeitos na raiz com erosões cervicais e cáries tem aumentado recentemente, porém existe informação limitada a respeito do desempenho dos sistemas adesivos na dentina radicular. Pensando nisso, YOSHIYAMA *et al*, em 1996, desenvolveram um estudo com o intuito de mensurar a resistência de união de resinas compostas à dentina radicular e coronária e observar as interfaces de união resina dentina em microscopia eletrônica de varredura. Foi realizado um preparo na superfície vestibular, tanto da coroa quanto da raiz do dente, formando uma longa cavidade em dentina, que se estendia da metade da coroa até o terço apical da raiz. Um sistema adesivo convencional (*All bond 2*) e um autocondicionante (*Imperva bond*) foram aplicados à dentina e cobertos com resina composta (*Protect liner*). Cada dente foi seccionado em 16 partes para o ensaio de micro-tração e dividido em quatro partes: coronária, cervical, média e apical. Os resultados obtidos mostraram que o sistema autocondicionante não apresentou diferenças estatísticas significantes em relação à resistência de união da resina em nenhuma parte da raiz avaliada. Já o sistema convencional apresentou valores inferiores e estatisticamente diferentes nas áreas cervical e média das raízes. A camada híbrida obtida com o sistema convencional mostrou-se maior do que aquela formada pelo autocondicionante.

Os resultados sugerem que mesmo com uma camada híbrida delgada, é possível obter valores satisfatórios de união em todas as regiões dentais.

O propósito do estudo de DIETSCHI *et al.* (1997) foi o de investigar as interfaces de união existentes em reconstruções de dentes com pinos pré-fabricados pela técnica adesiva após um teste de resistência à fadiga. Para isto, os autores selecionaram quarenta incisivos superiores e caninos extraídos e os dividiram aleatoriamente em cinco grupos experimentais. Realizaram o tratamento endodôntico e seccionaram as coroas dentais na altura da junção amelo-cementária. Avaliaram cinco tipos de pino: cerâmico de zircônia (*Zircon*), de titânio (*Komet ER*), um de fibra de carbono (*Composipost*) e um experimental de fibra de vidro (*Exp*). Exceto pelos dentes que receberam pinos *Composipost*, trataram os canais dentários com o adesivo auto-condicionante *ED primer* previamente à fixação do pino com o cimento resinoso *Panavia 21*. Construíram a porção coronária com uma resina híbrida autopolimerizável (*Ti-Core*) inserida em uma matriz transparente pré-fabricada. Cimentaram os pinos de carbono com um cimento resinoso (*Sealbond cement*). Confeccionaram a porção coronária com uma resina autopolimerizável reforçada por fibras (*Resilient*). Submeteram as amostras a 250,000 ciclos de carregamento mecânico. Dentes artificiais de aço que apresentavam dureza similar ao esmalte antagonizavam às amostras dos dentes em estudo. Em seguida ao carregamento mecânico, as

amostras foram submetidas a 5000 ciclos térmicos de 1 minuto cada, com banhos alternados em água a 5°C e 55°C. Prepararam as amostras para serem analisadas em microscopia eletrônica de varredura. Onde foi aplicado o sistema adesivo *SBMPP*, uma camada híbrida uniforme foi normalmente observada entre a restauração e a dentina. Esta camada uniforme não foi comumente encontrada nas amostras de *Compo*, em que foi utilizado o adesivo *Sealbond*. Quando houve desunião com o sistema *SBMP*, a falha ocorreu principalmente entre a camada híbrida e a restauração coronária. A camada híbrida foi menos observada na porção radicular quando foram utilizados *ED primer* e *Panavia 21*. Quando presente, esta camada apresentou-se menos regular e sem a presença de *tags* resinosos. No grupo do *Komet*, sete entre oito amostras apresentaram fraturas radiculares. Houve predominantemente dois tipos de fraturas. O primeiro e menos freqüente foi oblíquo; o segundo ocorreu paralelo ao pino, com algumas extensões perpendiculares ao pino e a superfície externa de dentina. Algumas poucas fraturas radiculares também foram observadas no grupo dos pinos de zircônia.

HAYAKAWA *et al.*, em 1998, avaliaram a eficácia de um *primer* autocondicionante na adesão de resina composta ao esmalte e dentina. Neste estudo, dois tipos de *primers* autocondicionantes contendo diferentes ésteres de ácido fosfórico, fenil-P e 10- metacriloiloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP), HEMA (hidroxietil metacrilato) e água foram preparados. A influência da

concentração destes e a variação no tempo de aplicação foram avaliados através da mensuração da resistência à tração entre resina composta e substrato dental e através de observações em microscopia eletrônica de varredura. Incisivos inferiores bovinos foram extraídos e congelados a menos 70°C. Superfícies planas em esmalte e dentina foram preparadas através do desgaste com lixas d'água de granulação 800 e 1000. O esmalte e a dentina foram tratados com os *primers* experimentais por 15, 30 e 60 segundos. Um anel de silicone de 3.2mm de diâmetro e dois milímetros de altura foi posicionado sobre a superfície de dentina. Foi aplicado o sistema adesivo *Clearfil Photobond* e fotopolimerizado por 10 segundos. O anel foi preenchido com resina *Clearfil AP-X* e fotopolimerizada por 40 segundos. Os corpos de prova foram armazenados em água a 37 °C por 24 horas e o ensaio de tração foi realizado em máquina de ensaio universal à velocidade de 2,0mm/min. As superfícies tratadas com o *primer* foram observadas em MEV, assim como foi verificada a presença de camada híbrida. O tratamento da dentina com a solução de MDP a 30% por 15 segundos aumentou significativamente a resistência de união comparada com as soluções de fenil-P a 5, 10 e 20% por 15 segundos. A *smear layer* foi parcialmente removida pelo *primer* autocondicionante e foram observadas camadas híbridas de espessura de cerca de 1,0 a 1,5 µm. Os autores concluíram que o *primer* contendo fenil-P ou MDP apresentou boa adesão à dentina e indica ser um material promissor para o uso em odontologia.

O objetivo do trabalho realizado por WAKEFIELD, C. *et al.*, em 1998, foi utilizar o teste de *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. Os dentes foram incluídos em resina acrílica e armazenados em água numa estufa a 37°C. Em seguida foram seccionados em plano horizontal logo abaixo da junção cimento-esmalte com uma lâmina de 0.3mm de diamante. Outro corte foi realizado logo a 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 1,55mm de diâmetro nestas amostras, sendo possível obter-se de três a quatro perfurações em cada dente. Foram realizadas restaurações com uma resina composta (Prodigy) após 24h utilizando um dos seis sistemas adesivos em estudo: *Tenure Quik*, *Probond*, *One Step*, *Prime & Bond*, *Scotchbond MP Plus* e *Optibond FL*. A resina foi colocada em dois incrementos, sendo cada um fotopolimerizado por 60s. Após 24h 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 1,5mm de resina centralizadas em um orifício de 2,0mm na plataforma. Uma ponta de aço de 1,0 mm de diâmetro foi posicionada no centro da restauração e realizou o deslocamento da resina através de uma máquina de ensaios hidráulica, a uma velocidade de 1,0 mm/min. A força necessária para o deslocamento da resina foi obtida em kilograma/força e convertida dividindo-se a 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 24h quanto após 6 meses para todos os sistemas adesivos exceto o *Tenure Quik*. O adesivo *Optibond FL* apresentou aumento significativo de resistência, sendo mais resistente em 6 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 Quik*, que por sua vez apresentou valores não satisfatórios de união.

Recentemente, materiais de fibra de carbono têm sido utilizados para restaurações protéticas, assim como na fabricação de pinos pré-fabricados. Os autores MARTINEZ-INSUA *et al.*, em 1998, realizaram um estudo com o objetivo de comparar a resistência à fratura de pré-molares extraídos restaurados com pinos de fibra de carbono, núcleo em resina composta e coroa de níquel-cromo e pinos e núcleo em ouro e coroa de níquel cromo. Os autores utilizaram quarenta e quatro pré-molares recém extraídos por motivos ortodônticos, trataram todos os dentes endodonticamente e removeram a coroa dental. Um preparo tipo chanfro com 1,0 mm de espessura foi realizado na terminação cervical e os canais foram preparados com duas brocas do sistema do pino de fibra de carbono (*Composipost*) de diferentes diâmetros correspondentes ao diâmetro dos pinos (1.2 mm e 1.8 mm). Os pinos em ouro foram fabricados na

mesma dimensão que os pinos de carbono. Os núcleos metálicos fundidos em ouro foram preparados através de uma matriz em aço com altura de 3,0 mm utilizando uma resina composta autopolimerizável (*Clearfill New Bond*). Os pinos foram abrasionados com um jato de óxido de alumínio de 50µm e tratados com ultra-som em detergente neutro por 10 minutos. Os pinos foram fixados às raízes com cimento resinoso (*Panavia 21, ED primer A e B*). As coroas foram cimentadas aos dentes com cimento de ionômero de vidro (*Ketac-Cem*). O teste de resistência à fratura foi realizado por uma máquina de ensaios Instron. A força foi aplicada a um ângulo de 45° no sentido do longo eixo do dente, a uma velocidade de 1,0 cm/min. Tanto o valor máximo de resistência quanto o tipo de fratura foram observados. Os resultados indicaram que as restaurações que continham ouro apresentaram um valor de resistência significativamente maior do que para os dentes restaurados com pinos de fibra de carbono. Em contrapartida, os dentes do grupo I apresentaram fratura do pino previamente à fratura do dente. Já dentes que receberam pinos em ouro mostraram fratura do remanescente dental em muitos casos, apesar da magnitude da força aplicada raramente ser observada *in vivo*.

MILLER *et al* (1998), preocupados com as falhas que podem ocorrer nas diversas interfaces do sistema restaurador pino/cimento/dentina, realizaram um trabalho em que isolaram a interface cimento/metal em teste de

resistência de união (*push out*) e observaram as falhas microscopicamente. Testaram cinco marcas diferentes de cimentos resinosos, todas elas recomendadas pelos fabricantes para cimentação de pinos intra-radiculares. Utilizaram três tipos de pinos metálicos diferentes e realizaram sete tratamentos. Analisaram as amostras com lupa a 50x de aumento e também em microscopia eletrônica de varredura com 500X de aumento para observação das amostras após a desunião. Observaram diferenças significantes de resistência de união entre os cimentos. Observações em microscopia revelaram falhas adesivas, coesivas e mistas que variaram de cimento para cimento e de pino para pino. Os autores observaram que muitos cimentos apresentaram tendência à formação de bolhas.

ASSMUSSEM *et al.*, em 1999, realizaram um estudo comparativo entre diferentes tipos de pinos recentemente introduzidos no mercado para medir a dureza, o limite elástico e a resistência dos mesmos. Investigaram quatro tipos de pino, sendo dois deles de zircônia (*Biopost* e o *Cerapost*) ambos com diâmetro de 1.6mm. O terceiro pino era de titânio (*PCR*), com diâmetros de 1.6 e 2,0mm. O último tipo era feito de fibras de carbono (*Composipost*), com diâmetros de 1.4 e 1.8mm. Cimentaram dez pinos de cada grupo em canais radiculares artificiais realizados em dentes de resina e os submeteram a um carregamento tangencial de compressão a um ângulo 45° numa máquina

universal de ensaios Instron. Determinaram, pelas relações obtidas entre a resistência e à deflexão dos pinos, as três propriedades mecânicas almejadas. A análise estatística demonstrou não haver diferenças nas propriedades mecânicas entre O *Biopost* e o *Cerapost*. Os pinos *Composiposts* apresentaram todos os três valores mais baixos que os outros três tipos de pino. O valor relativo ao limite elástico não apresentou diferenças estatísticas entre o *Biopost* e o *Cerapost*, sendo que, para os autores, estes valores indicaram friabilidade destes pinos. Por outro lado, os *PCR* e os *Composiposts* apresentaram limites elásticos mais baixos do que o valor de resistência, indicando um certo comportamento plástico.

Acreditando que sistemas convencionais de retentores intra-radulares podem aumentar as chances de fratura radicular, SIRIMAI et. al., em 1999, realizaram um estudo com o intuito de comparar a resistência à fratura radicular de dentes extraídos que receberam retentores intra-radulares de fibra de polietileno (*Ribbond*) com os sistemas convencionais de pino e núcleo metálicos. Os autores realizaram a instrumentação dos canais de 60 incisivos centrais superiores humanos e amputaram a parte coronária dos dentes. Selecionaram 6 tipos de pinos e os dividiram em 6 grupos: Grupo 1- Pino metálico fundido (liga de prata-paládio) cimentado com cimento de fosfato de zinco; Grupo 2- Pino de titânio paralelo serrilhado (*Vario Passive Post*) cimentado com cimento de fosfato de zinco; Grupo 3- Pino realizado com fibras de polietileno *Ribbond* (fita

de 2,0mm) inseridas dobradas dentro do canal, sendo fixadas com sistema adesivo e cimento resinoso (*Variolink*); Grupo 4- Semelhante ao grupo 3, porém, além das fibras de polietileno, inseriram pinos pré-fabricados de titânio 1.2mm (*Vario Passive Post*); Grupo 5- Semelhante ao grupo 4, porém foi colocado um pino de titânio de 1.25mm (*Para-post Plus*); Grupo 6- Semelhante ao grupo 5, porém sem a utilização das fibras de polietileno, somente com a cimentação dos pinos de titânio de 1.25mm. Realizaram todos os núcleos de preenchimento com resina composta. Prepararam todos os canais com brocas de 1,6mm de diâmetro (*Brasseler*), sendo que o preparo terminou a 5,0mm do ápice radicular. Aplicaram um carregamento tangencial de compressão à porção coronária, sob um ângulo de 130°, a 2,0mm da borda incisal, com uma máquina de ensaios universal Instron... Grupo 1- Pinos fundidos: Dos 10 dentes testados neste grupo, 90% apresentaram fraturas radiculares verticais. Grupo 2: 60% dos 10 dentes do grupo 2 fraturaram verticalmente e obliquamente. Grupo 3: Somente 1% resultou em fratura vertical da raiz, e um apresentou fratura horizontal o terço cervical. As amostras restantes (80%) falharam no núcleo de preenchimento em resina. Este grupo apresentou os menores valores de resistência. Grupo 4: 40% dos dentes fraturaram verticalmente e obliquamente, nas superfícies médio-proximais à porção média da face vestibular das raízes. Grupo 5: Os tipos de fratura foram similares ao grupo 4. Os autores concluíram que a adição de fibras de polietileno dentro do canal radicular resultou num número significativamente menor de fraturas verticais na raiz. O uso de pinos pré-fabricados com menor diâmetro combinados com fibras de polietileno resultou num efeito mais favorável em

relação ao número de fraturas radiculares verticais quando comparados aos pinos fundidos, sendo que estes pinos também apresentaram melhores resultados de resistência do que canais preenchidos somente com fibras de polietileno.

Em 1999, MANNOCCI *et al.* realizaram um estudo com o intuito de observar a estrutura de pinos de fibra e comparar, através de observações por microscopia eletrônica e confocal, as interfaces pino-resina-dentina obtidas usando-se pinos de fibra e de titânio fixados com dois diferentes sistemas adesivos. Para isto, selecionaram quarenta e dois pré-molares uniloculares, extraídos por razões periodontais, realizaram o tratamento endodôntico e os dividiram em sete grupos de seis dentes. Em cinco dos grupos, três tipos diferentes de pinos de carbono, pinos de fibra de vidro e pinos de titânio foram fixados com o adesivo *All Bond 2*. Nos outros dois grupos, dois tipos de pinos de fibra de carbono foram fixados com o adesivo *Panavia 21*. Após três semanas de armazenamento em solução salina, seccionaram os dentes longitudinalmente; observaram metade em microscopia confocal e a outra metade em microscopia eletrônica de varredura. Avaliaram nas amostras a presença de uma zona de interdifusão e a presença de falhas na interface pino-resina-dentina e a estrutura dos pinos de fibra. Por meio da microscopia confocal, as interfaces do dente restauradas com *All Bond 2* demonstraram uma maior porcentagem da zona de interdifusão comparada ao *Panavia 21*. Observaram fendas no interior da

camada híbrida em todas as amostras. Bolhas também estavam presentes na estrutura do cimento em todas as amostras. Na porção mais apical de vários espécimes, somente a camada do sistema adesivo pôde ser observada, estando o cimento ausente. A camada de cimento mostrou-se semelhante tanto para o grupo do *All Bond 2* quanto para o grupo do *Panavia 21*. Partículas grandes de carga foram observadas em todas as camadas do cimento. A interface adesivo-cimento mostrou-se livre de falhas. O tamanho das fibras e a estrutura dos pinos mostraram-se similares em todos os pinos de fibra observados. Algumas falhas foram encontradas na estrutura dos pinos.

Preocupados com o desempenho dos pinos estéticos quando submetidos à fadiga mecânica, no mesmo ano de 1999, MANNOCCHI *et al.* realizaram um estudo em que pinos de fibra de vidro (quartzo), fibra de carbono e de cerâmica (zircônia), cobertos com coroas totais cerâmicas, foram submetidos a uma ciclagem mecânica realizada em ambiente úmido. Quarenta pré-molares uniradiculares com dimensões semelhantes receberam tratamento endodôntico e foram incluídos em blocos de resina com um ligamento periodontal artificial. Os dentes foram divididos em três grupos experimentais e um grupo controle. Prepararam 8.0mm de canal nos dentes dos grupos experimentais e os pinos de fibra de vidro, de carbono e de porcelana foram cimentados nas raízes. Confeccionaram o núcleo em resina composta e cobriram os dentes com coroas

totais cerâmicas. Submeteram os dentes a um teste de fadiga de duas cargas por segundo a um ângulo de 45° com o longo eixo da raiz. . Encontraram somente uma falha em cada um dos grupos de pinos de fibra de vidro (fratura do pino e da raiz), enquanto que no grupo dos pinos de porcelana, seis falhas foram observadas (fratura da coroa e cinco fraturas de raiz e pino). A análise estatística demonstrou que a durabilidade dos pinos de porcelana é significativamente inferior àquela alcançada pelos outros. Os autores concluíram que pinos de fibra minimizaram o risco de fraturas radiculares de dentes restaurados com núcleo de resina e coroas de porcelana sob cargas cíclicas em um ambiente úmido.

CARLINI JR, em 1999, em sua tese de Mestrado, avaliou a influência de pinos intra-radulares pré-fabricados sobre a resistência de dentes anteriores tratados endodonticamente, debilitados e restaurados com resina composta, bem como estudou o padrão de fratura. Para isto, dividiu oitenta incisivos centrais em oito grupos experimentais: dentes com duas cristas marginais removidas restaurados com compósito odontológico (G1), pino pré-fabricado metálico e compósito (G2) e pino de carbono e compósito (G3); dentes com uma das cristas marginais removidas restaurados com compósito (G4); pino metálico mais compósito (G5) e pino de carbono mais compósito (G6); dentes somente com acesso endodôntico restaurados com compósito odontológico (G7); e dentes íntegros como controle (G8). Após a inclusão, submeteu dez espécimes

de cada grupo ao carregamento tangencial de compressão numa máquina universal de ensaios a uma velocidade de 0,5mm/min, sob o ângulo de 135°. A análise estatística não demonstrou diferença significativa entre os grupos. Deste modo, o autor concluiu que: pinos radiculares não reforçaram dentes anteriores tratados endodonticamente; o fator crista marginal não influenciou na resistência à fratura de dentes anteriores restaurados com resina composta. A avaliação do padrão de fratura demonstrou forte correlação entre presença de pinos intraradiculares (de carbono ou metálicos) e fraturas radiculares longitudinais. Analisando-se os padrões de fratura, foi observada tendência a fraturas longitudinais (44,44%) nos grupos onde foram cimentados pinos no canal radicular (G2, G3, G5, G6). O padrão de fratura dos dentes restaurados com resina composta (G1 e G4) foi principalmente transversal e acima do nível de inserção do dente no bloco de resina poliestirênica (47,6%), ou no terço médio radicular (42.1%). Já os dentes íntegros (G8), como os com cristas marginais preservadas e tratados endodonticamente (G7), apresentaram um padrão de fratura predominantemente transversal no terço médio da raiz (63,15%). O autor acredita que pinos mudam o vetor de fratura em direção ao ápice radicular, impossibilitando a conservação do remanescente dental para posterior restauração.

Por serem ainda pouco conhecidas as propriedades mecânicas dos pinos estéticos, ROSENTRITT *et al.*, em 2000, realizaram um estudo *in vitro* com o intuito de comparar a resistência à fratura de pinos cerâmicos, pinos de fibra de vidro e pinos de titânio comparados aos pinos em liga de ouro após a simulação de 5 anos de serviço na cavidade oral; além disso, os autores examinaram a resistência à fratura de dentes com pinos de ouro e restaurados com coroas em porcelana com pinos experimentais de fibra de vidro restaurados com coroas em porcelana. Cinquenta e seis incisivos centrais superiores foram selecionados para o estudo. As coroas foram seccionadas na altura dessa junção. Consideraram os pinos de fibra de vidro experimentais, protótipos de pinos *Vectris*. Estes pinos foram confeccionados pelos próprios autores e tiveram uma polimerização extra com calor e luz por 25 minutos. Cimentaram os pinos com um sistema adesivo (*Syntac*) e um cimento resinoso dual (*Variolink*). Somente os pinos de ouro foram cimentados com cimento de Harvard (Espe). Após a cimentação, confeccionaram os núcleos em resina composta através de um molde transparente para garantir padronização das dimensões. Depois de realizar a termociclagem e o carregamento mecânico (6000 ciclos térmicos: 5°C/55°C, 12×10^6 ciclos mastigatórios), as restaurações foram levadas à fratura em uma máquina de testes universal com um carregamento de 1,0mm/min, sendo aplicado em uma inclinação de 135° em relação à coroa dos dentes. Analisaram os padrões de fratura com uma lupa estereoscópica. Os resultados foram tabulados e submetidos à análise estatística. Os pinos e os núcleos feitos em cerâmica suportaram menor carga de compressão quando

comparados ao grupo controle. Os pinos com núcleos em resina suportaram uma carga significativamente maior. Somente o sistema experimental apresentou valores de resistência que não diferiram estatisticamente do grupo controle. Nos dentes que apresentavam pinos e coroas cerâmicas (*IPS Empress*), quatro de sete restaurações falharam já durante a termociclagem e o ciclo mastigatório. O mesmo aconteceu também para dois de sete dentes do grupo de pinos de fibras de vidro e coroas de porcelana. As quatro restaurações cerâmicas alcançaram uma média de resistência de 352N, sendo que as sete restaurações com pinos de fibra de vidro uma média de 228N. Os resultados não foram estatisticamente diferentes.

A retentividade dos pinos de fibra ao canal radicular tem sido objeto de estudo por alguns autores.. DRUMMOND, em 2000, realizou um estudo com o intuito de comparar, através de um 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 nos pinos o sistema adesivo *All Bond 2* os fixou 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 uma amostra de 20 dentes por grupo, sendo estas 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 a realização do ensaio mecânico. Uma máquina de ensaios Instron, a uma velocidade de 2,0mm/min, realizou o teste de tração. O valor de resistência foi obtido medindo-se a área do pino unida à raiz dividida pela força de deslocamento deste. A análise estatística dos resultados indicou não haver diferenças estatísticas significantes entre os grupos testados, sendo os resultados de união satisfatórios. Houve, no entanto, um decréscimo na resistência flexural dos pinos fibrosos seguidos da ciclagem térmica. Os autores acreditam que o real significado clínico destes achados ainda deva ser pesquisado.

FERRARI *et al.*, em 2000, realizaram um estudo com o objetivo de comparar o desempenho clínico após 4 anos de pinos metálicos fundidos e pinos de fibra de carbono *Composiposts*. Para isto, selecionaram 200 dentes e os dividiram em 2 grupos de 100, sendo que estes foram tratados endodonticamente e restaurados com pinos. Grupo 1: Pinos de carbono cimentados ao canal de acordo com as recomendações do fabricante; Grupo 2: Pinos metálicos fundidos cimentados aos canais através da técnica convencional. Os pacientes foram reavaliados após 6 meses, 1, 2, e 4 anos de uso clínico e foram realizadas tomadas radiográficas. Observaram a qualidade do tratamento

endodôntico e da restauração final. O grupo 1 apresentou 95% de sucesso clínico; 3% dos dentes deste grupo foram excluídos por não comparecimento dos pacientes; 2% apresentaram falhas no tratamento endodôntico. Já no Grupo 2, encontraram sucesso clínico em 84% dos casos; 2% dos dentes deste grupo foram excluídos por não comparecimento dos pacientes; 9% apresentaram fratura radicular; 2% apresentaram deslocamento da coroa e 3% apresentaram falha no tratamento endodôntico. A análise estatística revelou haver diferenças significantes nos dois grupos testados. Os resultados obtidos com este trabalho revelam superioridade de desempenho clínico nos sistemas que utilizam pinos de fibra de carbono em comparação aos sistemas que utilizam pinos metálicos fundidos após 4 anos de acompanhamento clínico.

No mesmo ano, com o intuito de comprovar a eficácia de pinos intra-radiculares de fibra de vidro, FERRARI *et al.*, realizaram um estudo clínico longitudinal de pacientes que tiveram estes pinos cimentados. Após um período de 1 a 6 anos, os autores avaliaram o desempenho de pinos de fibra de carbono (*C-Post*) e dois pinos de fibra de vidro (*Aesthetic Post* e *Aesthetic Plus Post*). Mil trezentos e quatro pinos foram posicionados em dentes tratados endodonticamente: 840 *Composiposts*, 215 *Aesthetic Posts* e 249 *Aesthetic Plus Posts*. Utilizaram quatro combinações diferentes de sistemas de cimentação. Realizaram as restaurações finais com coroas metalocerâmicas (52%), coroas

cerâmicas (38%) e o restante com restaurações diretas em resina composta. Fizeram avaliações periódicas dos pacientes a cada 6 meses, que compreendiam análises clínicas e radiográficas dos dentes em questão. Houve insucesso clínico em 3,2% dos casos envolvidos devido a duas razões distintas: vinte e cinco pinos se soltaram durante a remoção da restauração provisória e dezesseis dentes apresentaram lesões periapicais ao exame radiográfico. Não houve diferenças estatisticamente significantes entre os quatro grupos testados. Os resultados deste estudo retrospectivo indicam que os pinos de fibra fixados com sistemas resinosos podem ser utilizados como procedimentos de rotina no consultório odontológico devido ao bom desempenho clínico apresentado.

FERRARI *et al.* (2000) realizaram um estudo da morfologia radicular previamente e após o uso de técnicas adesivas por acreditarem que não existam estudos disponíveis na literatura acerca deste assunto. Os autores tinham como objetivos estudar a morfologia dos túbulos dentinários nas paredes do canal, avaliar o padrão da superfície disponível para união após o condicionamento das paredes do canal, averiguar a influência da densidade dos túbulos na formação da camada híbrida e identificar possíveis áreas onde problemas de união possam ocorrer. Realizaram dois tipos de procedimentos neste estudo; o primeiro envolveu somente observação direta da superfície de canais preparados e o segundo a morfologia da superfície dentinária após procedimento adesivo de cimentação de

um pino pré-fabricado de fibra de vidro. Dividiram trinta dentes anteriores aleatoriamente em três grupos: No Grupo I, levaram as amostras ao microscópio eletrônico de varredura para o estudo da morfologia dentinária. As amostras dos Grupos II e III foram condicionadas com ácido fosfórico a 32%. Analisaram os dentes do Grupo II neste mesmo microscópio sem que nenhum outro tipo de tratamento fosse realizado. Trataram as amostras do Grupo III com um sistema adesivo e cimentaram pinos de fibra de vidro ao canal. Avaliaram a união quanto à formação da camada híbrida e dos prolongamentos resinosos. Consideraram os resultados de acordo com a localização da dentina radicular, estimaram a densidade dos túbulos e o aumento da área propícia à união após o condicionamento. A densidade dos túbulos dentinários variou de acordo com a área examinada. No terço cervical, a densidade dos túbulos foi significativamente maior do que a observada nos terços médio e apical das raízes. O diâmetro dos túbulos foi gradualmente decrescendo à medida que se aproximava do terço apical. Este diâmetro era de 22.5 μm no terço coronário e médio previamente ao condicionamento ácido e 3.5 μm após o condicionamento. No terço apical o diâmetro dos túbulos aumentou de 2,0 para 3,0 μm após o condicionamento. Após o condicionamento ácido, a superfície da dentina disponível para união aumentou 202% no terço cervical, 156% no terço médio e 113% no terço apical. Nas áreas de menor densidade dos túbulos, a camada híbrida foi significativamente menor que nas outras áreas. Em áreas com anastomoses de túbulos e alta densidade tubular, a espessura da camada híbrida foi maior do que na área apical. A espessura da camada híbrida foi de 4.5 μm no terço cervical, 2.5 μm no terço médio

e 1.2µm no terço apical do canal preparado. Notaram anastomoses de resina nos túbulos somente nos terços cervical e médio das raízes. Os autores acreditam que isto se deve ao fato de haver uma maior pressão durante o procedimento adesivo na região cervical, sendo que na região apical esta pressão é bastante diminuída prevenindo a formação de anastomoses de resina.

SANARES *et al.*, em 2001, conduziu um estudo para examinar o efeito dos adesivos de frasco único com diferentes graus de acidez na resistência de união à resinas quimicamente ativadas e foto ativadas. Para isto, os autores selecionaram vinte e quatro dentes terceiros molares hígidos e os dividiram em oito grupos. Superfícies de dentina condicionadas foram unidas com Prime & Bond NT (Dentsply), Optibond Solo (Kerr), Single Bond (3M) e One Step (Bisco). Cada grupo recebeu aplicação de resina composta em incrementos, usando tanto a resina foto ativada Z 100 (3M) como a quimicamente ativada Bisfil 2 (Bisco). As amostras foram seccionadas verticalmente em palitos de 0,9 x 0,9mm. Foi realizado um ensaio de microtração e as falhas apresentadas foram observadas em lupa estereoscópica. Quatro amostras de cada grupo foram observadas em microscopia eletrônica de varredura. O teste ANOVA mostrou que o efeito dos adesivos, o modo de ativação das resinas e a interação entre estes foi estatisticamente significativa. Não houve diferenças estatisticamente significantes na resistência de união entre os quatro adesivos testados ($P < 0,01$) quando usadas

resinas foto ativadas. No entanto, quando unidos a resinas quimicamente ativadas, apresentaram valores estatisticamente inferiores de união. Observou-se uma correlação positiva entre o grau de acidez dos adesivos e a resistência de união à resinas quimicamente ativadas. Falhas ocorreram predominantemente ao longo da interface adesivo/ resina, com microporosidades na superfície do adesivo e bolhas no interior da massa de resina quimicamente ativada. Os autores acreditam que a incorporação de ar durante a mistura das pastas da resina quimicamente ativada tenha contribuído apenas parcialmente para menor resistência de união apresentada pelos adesivos de frasco único. Observações em microscopia eletrônica de varredura sugerem haver uma interação entre os monômeros ácidos não polimerizados pela camada inibida pelo oxigênio do adesivo e os componentes de iniciação da reação das resinas compostas auto ativadas.

Vários materiais têm sido propostos para fixar pinos de fibra ao canal radicular. Com o objetivo de avaliar a eficácia destes materiais, FERRARI et. al., em 2001, avaliaram quatro sistemas adesivos quanto à formação de prolongamentos resinosos e à formação da camada híbrida quando utilizados conjuntamente com pinos de fibra. Quarenta dentes anteriores, extraídos por razões periodontais e tratados endodonticamente, foram selecionados para este estudo. Os dentes foram divididos aleatoriamente em quatro grupos de dez dentes

cada. Grupo I: adesivo *One-Step* (Bisco) aplicado ao canal com uma microponta fornecida pelo fabricante e fotopolimerizado previamente a inserção do cimento resinoso *Dual Link*; Grupo II: mesmo procedimento do grupo I, porém a ponta aplicadora do sistema adesivo foi maior; Grupo III: Adesivo *One-Step* aplicado ao canal sem fotopolimerização prévia à aplicação do cimento resinoso *Dual Link*; Grupo IV: Adesivo *All Bond 2* mais cimento resinoso *C & B* como grupo controle. Tanto no grupo II quanto no IV o sistema adesivo foi aplicado exatamente como recomendava o fabricante. No Grupo I, o sistema adesivo foi aplicado com uma *microbrush* bem fina, enquanto que nos outros grupos foi aplicado com uma *microbrush* convencional. Nos grupos I e II o sistema adesivo foi fotopolimerizado previamente a inserção do cimento resinoso e do pino, enquanto que no grupo III ambos foram polimerizados através do pino translúcido de fibra. Quarenta pinos transparentes (*RTD*) foram utilizados. Uma semana após a cimentação os dentes foram preparados para serem observados em microscópio eletrônico de varredura. A análise destes dados revelou que houve maior formação de camada híbrida, no grupo I comparado a todos os outros grupos. Nos grupos II, III e IV a formação da camada híbrida ficou bem visível e uniforme só nos dois primeiros terços da raiz enquanto que no terço apical não mostrou uniformidade. Não houve diferenças estatísticas no terço cervical das raízes, porém o terço médio e apical do grupo I houve maior formação de *tags* comprovada estatisticamente que nos outros grupos. No terço apical dos grupos II, III e IV, os *tags* de resina mostraram ser menores e com morfologia menos uniforme que nas outras áreas da raiz. Os autores concluíram que a técnica de aplicação do sistema adesivo pode influenciar

na resistência de união. Aplicadores pequenos e finos podem ser mais eficazes na medida em que penetram em toda a área radicular distribuindo o sistema adesivo mais uniformemente.

MJOR *et al.*, em 2001, estudaram a estrutura da região apical da raiz com ênfase nos túbulos dentinários. Este estudo histológico descritivo utilizou amostras de dentina radicular coradas e desmineralizadas para microscopia óptica, amostras desmineralizadas para microscopia eletrônica de varredura e outras amostras preparadas pelo condicionamento ácido para microscopia confocal. A porção apical dos dentes humanos demonstrou possuir variações quanto a sua estrutura, incluindo a presença de canais acessórios, áreas de reabsorção e áreas que sofreram nova deposição de tecido, calcificações pulpares, quantidades variadas de dentina secundária e até um tecido cementóide recobrimo as paredes do canal. O ápice freqüentemente mostrou sofrer desvio do longo eixo do canal. Observaram túbulos dentinários primários irregulares tanto na direção quanto na densidade. Os autores concluíram após esta minuciosa análise da porção apical da raiz que esta estrutura variável e irregular representa um desafio para a terapia endodôntica. Técnicas de obturação baseadas na penetração de sistemas adesivos nos túbulos dentinários são difíceis de serem bem sucedidas e as técnicas adesivas dependem do sucesso da formação de uma camada híbrida.

A eficiência da união de sistemas adesivos à dentina radicular foi avaliada por MANNOCCI *et al.*, em 2001. Trataram endodonticamente seis incisivos centrais superiores mas não obturaram os canais. Os dentes foram seccionados paralelamente ao seu longo eixo; metade dos dentes foi selecionada aleatoriamente e dividida em dois grupos experimentais. Os dentes do primeiro grupo foram tratados com o adesivo *All Bond 2* (Bisco) e os do segundo grupo com *Panavia F* (Kuraray). A porção coronária dos dentes do grupo I foi condicionada com ácido fosfórico a 10% (*All Etch*) por 30s, lavada com água e delicadamente secada com ar. *All Bond 2* primer A e B foram misturados e aplicados dentro do canal. No grupo II do *Panavia F* o *ED Primer* foi aplicado por 60s. O cimento resinoso *Panavia F* foi aplicado ao canal radicular. Após a aplicação dos sistemas adesivos nos dois grupos, uma camada de resina composta (*Clearfil Photocore*) foi polimerizada sobre estes. Foi construído um bloco de resina quimicamente ativada (*Biscore*) sobre esta com altura de aproximadamente 3-5mm. As amostras foram mantidas em umidade relativa de 90°C medidas com um regulador de umidade digital numa temperatura de 22°C por 24h. Os palitos foram preparados para o teste de micro-tração e submetidos a um carregamento axial de compressão de 0.2mm/min. A análise dos corpos de prova foi realizada através do microscópio de transmissão e o modo de fratura foi analisado. O valor médio de resistência à tração não foi estatisticamente diferente para os dois grupos testados. (17,1 MPa). A maioria dos corpos de prova apresentou uma desunião do adesivo da camada híbrida. Os resultados

mostraram que a resistência de união apresentada pelos dois sistemas adesivos a nível radicular foi levemente inferior a aquela obtida na dentina coronária.

Com o intuito de observar se pinos intra-radulares de fibra de vidro teriam boa união à raiz quando fixados com adesivos e cimentos ativados quimicamente, VICHI *et al* (2001) realizaram um estudo com dentes restaurados e extraídos após uma semana de cinco pacientes. Os dentes foram tratados endodonticamente e posteriormente receberam pinos intra-radulares. O sistema adesivo auto-condicionante *Excite DSC* (Vivadent) foi aplicado com uma fina ponta esponjosa, foi deixado assentar por 30 segundos e o excesso foi removido com cones de papel absorventes. O cimento resinoso também de presa química *Multilink* (Vivadent) foi levado ao pino e ao canal com uma broca lentulo e o pino foi inserido no canal. Reconstruiu-se o dente com a resina composta *Tetric Ceram* (Vivadent). Outros quatro dentes que receberam o mesmo tratamento foram extraídos após uma semana e observados em microscopia eletrônica de varredura. Realizou-se um corte paralelo ao longo eixo do dente para observação da formação da camada híbrida. Bolhas e espaços vazios foram observados no corpo do cimento em todas as amostras observadas. A formação de uma camada híbrida mostrou-se evidente. Houve uniformidade na formação desta camada também no terço apical. Os tags formados nos terços cervical, médio e apical da raiz exibiram a mesma morfologia, densidade e tamanho similar. Os autores

concluíram que a combinação de uma fina ponta aplicadora esponjosa um sistema de fixação quimicamente ativado pode ser um bom referencial para cimentação de pinos intra-radiculares.

No trabalho realizado por PEGORETTI *et al.*, em 2002, foi realizada uma simulação de forças externas aplicadas em um dente restaurado com um pino de fibra de vidro através da análise de elemento finito em um modelo bidimensional. O pino apresentava um formato cilíndrico sendo seu término apical de formato cônico arredondado. Após serem submetidos a várias magnitudes de forças, os resultados apresentados pelos pinos de fibra de vidro foram comparados aos valores apresentados por dentes hígidos e dois pinos convencionais (um metálico fundido em ouro e outro de fibra de carbono). O pino em ouro produziu a maior concentração de tensões na interface pino-dentina. Por outro lado, os pinos de fibra de vidro apresentaram relativamente alta concentração de esforços na região cervical da coroa devido à sua flexibilidade e à presença de um material de núcleo menos rígido. Este pino apresentou a menor concentração de tensões no interior da raiz devido ao fato de possuir um módulo de elasticidade semelhante à dentina. Exceto pela relativa alta concentração de esforços nas margens cervicais da restauração, os pinos de fibra de vidro foram capazes de induzir uma distribuição de tensões similar àquela obtida pelos dentes naturais.

PEST *et al.* (2002) realizaram a metodologia de *push out* para avaliar a resistência de união entre o material de fixação, o pino e a dentina radicular. Selecionaram 50 dentes uni-radulares que possuíam canal reto. Removeram a coroa na junção cimento-esmalte utilizando um disco de diamante e realizaram tratamento endodôntico em todos dos dentes. Prepararam os canais com uma broca diamantada cilíndrica nos primeiros 8mm de raiz. Inseriram o material de cimentação no canal com uma ponta metálica descartável. Cortaram a raiz transversalmente e obtiveram 4 secções de 2mm. O adesivo de quarta geração *All Bond 2* apresentou valores numéricos maiores de resistência apesar destes não terem sido estatisticamente significantes em relação aos adesivos auto-condicionantes (*Clearfil Liner Bond 2V*). Os autores realizaram um teste *push out* em separado para analisar a resistência de união da interface pinos/materiais de fixação. Sessenta amostras de resina foram preparadas com 3mm de espessura, os pinos foram posicionados no centro destes e envolvidos com o material de cimentação utilizando uma ponta aplicadora metálica descartável. Observaram, após o teste de *push out*, que as amostras apresentaram uma resistência alta de união (variando entre 26 a 30Mpa). Os autores concluíram que a técnica de fixação de pinos intra-radulares com resinas compostas se compara, ou pode ser até superior, à técnica de fixação com cimentos resinosos. Através da análise em microscópio eletrônico de varredura, observaram que o tratamento da dentina com *ED Primer* criou uma zona hibridizada de difícil

visualização, sendo esta não homogeneamente distribuída ao longo do canal dentário. Os “tags” de resina, quando presentes, mostraram-se irregulares e de tamanhos variados. Já com o *Clearfil Liner Bond 2V*, obtiveram resultados alternados, a começar pela total ausência de tags na camada de dentina hibridizada, até a presença de vários tags de resina. A aplicação de um adesivo de quarta geração (*All Bond 2*) criou uma situação totalmente diversa: pôde-se observar a formação de muitos tags, sendo estes longos e observados em toda interface adesivo-dentina. Algumas amostras demonstraram haver ótima integração entre o pino e o cimento não havendo a presença de bolhas ou espaços vazios na camada de cimento. Em outras amostras o cimento mostrou-se repleto de bolhas. Quando utilizaram resinas autopolimerizáveis, encontraram situações que variaram entre a total ausência, ou a presença de um número reduzido de bolhas. Os melhores resultados obtidos com a microscopia foram entre pinos translúcidos e resinas fotoativadas. Em todas as amostras examinadas não observaram bolhas ou espaços vazios com esse material.

3. PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência ao cisalhamento por extrusão - “push out” - entre a dentina intra-radicular e pinos de fibra de vidro nas seguintes variáveis:

- ✓ Regiões da dentina intra-radicular: cervical, média e apical.

- ✓ Sistemas resinosos de fixação de retentores intra-radulares com diferentes características de união.

4. MATERIAIS E MÉTODO

Foram utilizados pinos pré-fabricados intra-radulares de fibras de vidro que apresentam uma composição básica de dióxido de silício como constituinte inorgânico formador da fibra e o bisfenol glicidil metracrilato (Bis-GMA) como componente orgânico envolvendo a fibra, conforme ilustrado nas Figuras 1 e 2. Dois sistemas de fixação de pinos intra-radulares de polimerização física e química (“dual”) foram também utilizados. As características e composição de cada produto estão descritas nas tabelas 1,2 e 3.

TABELA 1: Composição, número do lote e fabricante do pino intra-radicular *Fibrekor Post*.

Pino	Característica	Composição*	n° do lote	Fabricante
Fibrekor Post System Ø 1,5mm	Pino intra-radicular de fibra de dióxido de silício com formato paralelo e serrilhado.	Dióxido de silício, alumina, bariumborosilicato, sulfato de bário e mistura de copolímeros Bis-GMA, UDMA.	5346- E-	Jeneric/ Pentron Inc., EUA

*Informações do fabricante

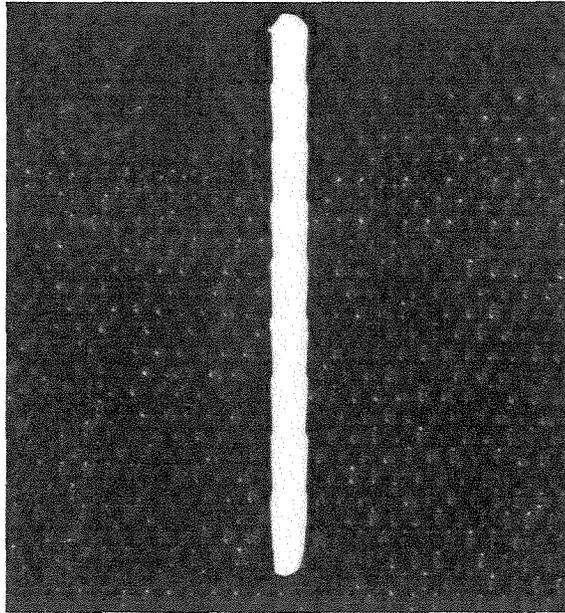


FIGURA 1 – Pino serrilhado de fibra de vidro Fibrekor Post com 1,5 mm de diâmetro

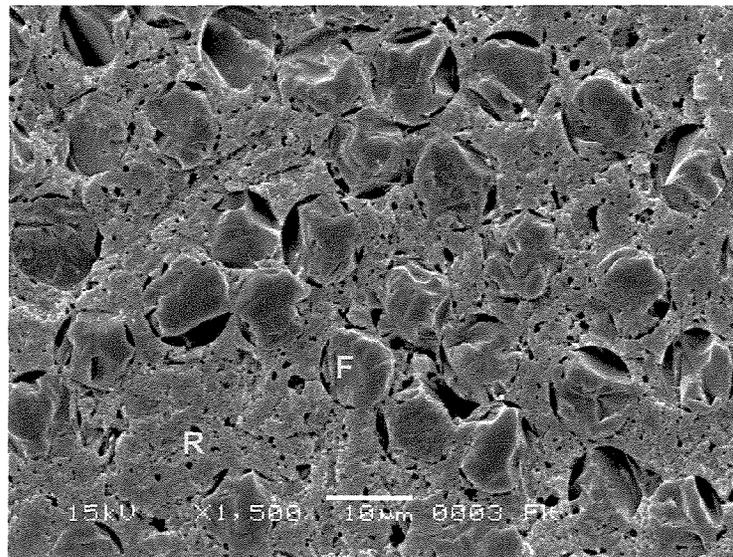


FIGURA 2 – Fotografia da estrutura do pino composto por fibras de dióxido de silício em uma matriz orgânica de Bis-GMA, em um corte transversal.

R – matriz de Bis-GMA, F- fibr

TABELA 2: Composição, número do lote e fabricante sistema de fixação *Panavia F*.

Material	Composição*	n° do lote	Fabricante
ED Primer	Líquido A: HEMA, MDP, NM ac. aminosalicílico, dietanol p-toluidina, água. Líquido B: ac. aminosalicílico, sulfonato benzênico de sódio, dietanol p-toluidina, água.	51175	Kuraray Co., Osaka, Japão
Panavia F	Pasta A: sílica coloidal, Bis-GMA, MDP, dimetracrilato hidrófilo e hidrófobo, peróxido de benzoíla. Pasta B: vidro de bário silanizado, óxido de titânio, fluoreto de sódio, sílica coloidal, Bis-GMA, dimetacrilato hidrófilo e hidrófobo, dietanol p-toluidina, sulfonato de sódio trisopropílico benzênico.	51175	Kuraray Co., Osaka, Japão.

* Informações do fabricante



FIGURA 3- Sistema auto- condicionante ED- Primer

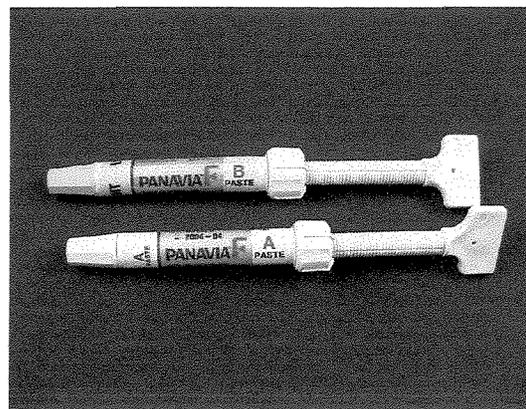


FIGURA 4- Cimento resinoso dual Panavia F

TABELA 3: Composição, número do lote e fabricante do sistema de fixação *Rely X*.

Material	Composição*	n° do lote	Fabricante
Single Bond	Bis-GMA, HEMA, dimetacrilatos, copolímeros de ac. polialcenóico, iniciador, água e etanol.	70-210-2693-0	3M Dental Products, Division St. Paul, MN, EUA.
Rely X ARC	Pasta A: BisGMA, TEGDMA, partículas de zircônia/sílica (68% em peso), fotoiniciadores e amina, pigmentos. Pasta B: BisGMA, TEGDMA, peróxido de benzoíla, partículas de zircônia/sílica (67% em peso).	70-210-2693-0	3M Dental Products, Division St. Paul, MN, USA.

- *Informações do fabricante

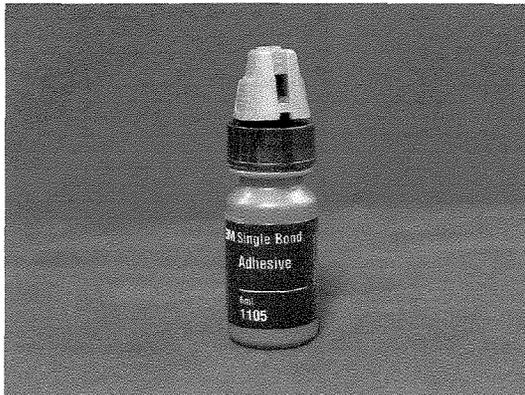


FIGURA 5- Sistema adesivo de frasco único Single Bond

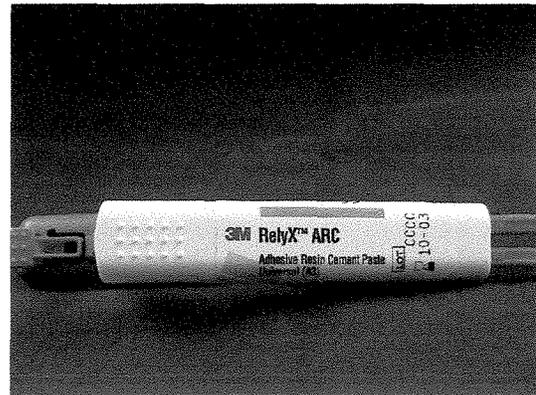


FIGURA 5- Cimento resinoso dual Panavia F

Seleção e Preparo das Raízes

Foram selecionados vinte pré-molares inferiores uniloculares recém-extraídos por motivos ortodônticos, hígidos e livres de trincas, com comprimento médio radicular de $13,0 \pm 1,0$ mm. Os dentes foram limpos com curetas periodontais e jatos de bicarbonato de sódio e armazenados em solução de formol 0,9% previamente à realização do estudo. A parte coronária dos dentes foram removidas com auxílio de um disco adiamantado na altura da junção cemento-esmalte. As polpas dentais foram removidas do conduto radicular por meio de limas endodônticas sob abundante irrigação com hipoclorito de sódio a 0,1% para suspensão da matéria orgânica. Após esta etapa, as raízes foram mantidas imersas em água destilada sob temperatura de 37° C, em estufa de cultura (FANEM Ltda., São Paulo), por três dias.

Preparo dos Canais Radiculares

Em seguida, foi selecionada a broca de *largo* nº 5 com diâmetro (1,5 mm) ligeiramente maior do que o diâmetro dos canais radiculares para padronização dos preparos. Assim, a broca de *largo* foi utilizada até a profundidade de 8,0mm de seu comprimento. Vinte raízes foram separadas aleatoriamente em dois grupos de dez.

Preparo das Superfícies dos Pinos de Fibra de Vidro

Os pinos de fibra de vidro foram condicionados com ácido fosfórico a 35% (3M Dental Products) por 20 segundos para efeito de limpeza da superfície. Após lavagem com água e secagem, foi aplicado o monômero silano (*ceramic primer*, 3M Dental Products, EUA) com o auxílio de um “microbrush”. Após um minuto, secou-se a superfície do pino por 5 segundos.

Grupo 1- Cimentação dos Pinos

Para as raízes do Grupo 1, uma gota de cada frasco do sistema *ED primer* (A e B) foi dispensada em recipiente plástico fornecido pelo fabricante, e após a mistura aguardou-se 60 segundos antes da aplicação. A solução foi aplicada nas paredes dentinárias do canal radicular com o auxílio do dispositivo tipo pincel (“microbrush”) totalmente saturado. Após 60 segundos, a dentina foi seca com leve jato de ar comprimido durante 2 segundos. Dois cones de papel absorventes foram usados para remoção dos excessos do *ED primer* no interior do canal. Em seguida, a pasta catalisadora A e pasta base B da resina *Panavia F* foram dispensadas em quantidades iguais sobre um bloco de papel

impermeável e misturadas por 10 segundos. Com o pino de fibra de vidro previamente silanizado, o adesivo *ED Primer* foi aplicado por toda a superfície do pino de fibra de vidro também utilizando o “microbrush”. A resina de fixação foi aplicada no pino que foi posicionado e estabilizado manualmente no interior do conduto radicular. Removeu-se o excesso da resina cimentante com sonda exploradora e a foto ativação foi efetuada com a unidade de luz visível *XL 3000* (3M Dental Products) durante 40 segundos no sentido ocluso-apical. Sobre toda a superfície do cimento resinoso aplicou-se o “oxyguard”, também utilizando o “microbrush”. Após 3 minutos procedeu-se a lavagem com um jato de água.

Grupo 2- Cimentação dos Pinos

Para as raízes do Grupo 2, a dentina radicular foi condicionada com ácido fosfórico a 35% (3M Dental Products) durante 15 segundos, seguida por abundante lavagem com água por igual tempo. Em seguida, a raiz foi seca com leve jato de ar comprimido por 2 segundos e o excesso de água do interior do canal foi removido com dois cones de papel absorvente. O sistema adesivo *Single Bond* foi aplicado na dentina radicular com o auxílio de um “microbrush”. Após suave secagem por 2 segundos com jato de ar comprimido, o excesso do sistema adesivo foi removido do interior do canal com dois cones de papel absorvente. Em seguida, o adesivo foi foto ativado por 10

segundos com a ponta ativa da unidade de luz posicionada na altura da entrada do canal. O sistema adesivo também foi aplicado na superfície do pino de fibra de vidro e foto ativado por 10 segundos. A resina composta *Rely X* foi dispensada sobre um bloco de papel impermeável e as pastas base e catalisadora foram misturadas por 10 segundos. A resina composta foi aplicada na superfície do pino de fibra de vidro com uma espátula e no interior do canal com o auxílio de uma broca lentulo. O pino de fibra de vidro foi posicionado e estabilizado manualmente no interior do canal. O excesso do material foi removido com uma sonda exploradora. A foto ativação foi efetuada por 40 segundos no sentido ocluso-apical da raiz com a unidade ativadora de luz visível *XL 3000* (3M Dental Products).

Seccionamento das Raízes em Terços

Após a fixação dos pinos de fibra de vidro, as raízes foram mantidas imersas em água destilada, em estufa sob temperatura de 37°C, por 24 h. A porção mais apical das raízes foi seccionada até a altura em que a raiz apresentasse 8,0 mm de comprimento. Depois disso, as raízes foram seccionadas transversalmente e 3 secções de 2,7 mm foram obtidas e denominadas terço cervical, médio e apical do pino. O excesso do pino de fibra de vidro que restou na região cervical da raiz após a fixação com a resina composta também foi descartado (Figura 7).

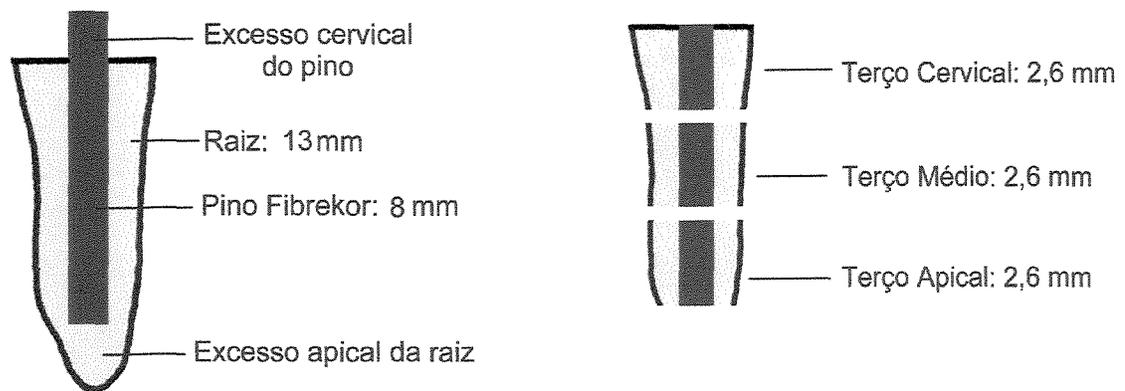


FIGURA 7- Desenho esquemático da raiz seccionada em três terços: cervical, médio e apical do pino.

Planificação das Superfícies das Secções Radiculares

Em seguida, as faces das secções radiculares foram desgastadas usando lixas de carbeto de silício em granulações decrescentes (600 e 1000) até que as superfícies estivessem planas reduzindo-se a espessura para 2,6 mm, mensuradas com um paquímetro.

Ensaio Mecânico de Cisalhamento por Extrusão – "Push Out".

Somente os espécimes correspondentes a oito raízes de cada grupo foram submetidos ao ensaio mecânico, os demais foram analisados em

microscopia eletrônica de varredura para observação das interfaces de união. Após o procedimento de planificação, os espécimes foram posicionados em uma base metálica em aço inoxidável contendo um orifício de 2,0 mm na região central. As secções radiculares contendo o pino de fibra de vidro foram posicionadas exatamente na mesma direção do orifício da base metálica. Todo conjunto foi posicionado na base da máquina de ensaio universal *Instron* 4411 dotada de carga de 50KN. Uma haste metálica com ponta ativa de 1,0mm de diâmetro foi fixada no mordente da máquina e posicionada no centro do pino de fibra de vidro. O ensaio de resistência ao push out foi conduzido, à velocidade de 0,5mm, até o total deslocamento do pino do conduto radicular, conforme mostrado na Figura 8. A força necessária para o deslocamento foi obtida em kilograma/força e convertida em MPa dividindo-se a força pela área do conduto radicular (Anexo 3). Os dados obtidos foram tabulados e analisados estatisticamente.

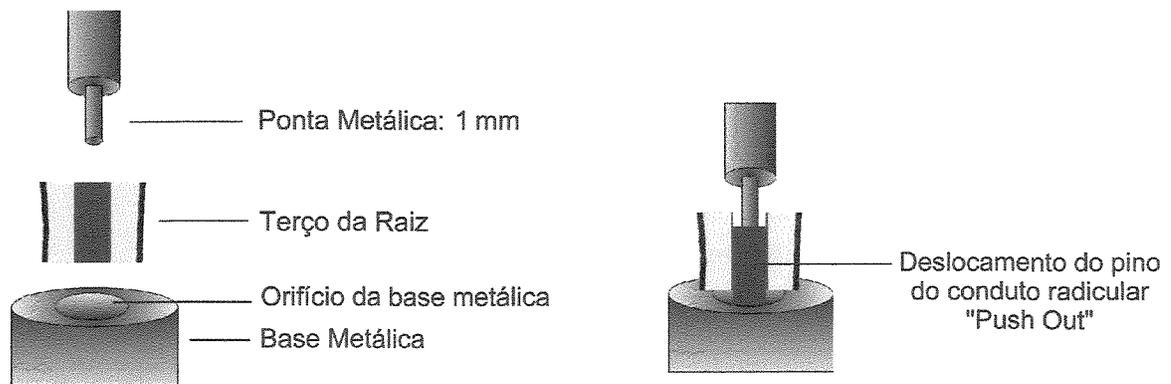


FIGURA 8- Desenho esquemático de uma amostra do terço radicular submetido ao ensaio de cisalhamento por extrusão (“push out”).

Microscopia Eletrônica de Varredura

Seis espécimes de cada grupo, dois de cada terço radicular, que não foram submetidos ao teste de “push out”, foram selecionados para análise das interfaces de união em microscopia eletrônica de varredura. Os espécimes foram polidos com lixas de granulação 600 e 1000 e com pastas diamantadas de 6 μ m, 3 μ m, 1 μ m e 1/4 μ m, respectivamente. Foram limpos por ultra-som em água

destilada por 10 min entre cada fase do polimento. Em seguida, foram colocados em um recipiente de vidro e imersos em HMDS (hexamethyldisilazane) para desidratação durante 10 minutos. Depois disso, os espécimes foram removidos do HMDS e deixados no recipiente vítreo para secagem em temperatura ambiente por 12 horas. Logo após, os espécimes foram montados em um porta-amostras de alumínio e receberam cobertura de ouro/paládio para observação em microscopia eletrônica de varredura (JEOL, JSM – 5600 LV). Neste procedimento foram observados a estrutura dos pinos e o aspecto da área de união promovida pelos sistemas de fixação dos pinos.

Após o ensaio de cisalhamento por extrusão (“push out”), seis espécimes de cada grupo (dois de cada terço radicular) foram *seccionados* no sentido longitudinal com auxílio de um cinzel. A seguir, desidratados com HMDS, deixados secar por 12h e montados em porta-amostras de alumínio com a face interna da raiz voltada para cima. Em seguida, foram metalizados com ouro/paládio para observação do tipo de fratura ocorrido entre o pino de fibra de vidro e a dentina radicular em microscópio eletrônico de varredura, e observação da interface pino/cimento/dentina.

5. RESULTADOS

Os dados originais foram tabulados (Anexo 1) e submetidos à análise de variância em nível 5% de significância (Tabela 1). A análise estatística foi delineada em esquema fatorial (3 x 2), em que os fatores foram material em dois níveis e região radicular em três níveis. Para a análise de variância foram considerados o fator material para fixação, o fator região do conduto radicular e a interação entre os dois fatores. Os fatores material e região apresentaram diferenças estatísticas enquanto que a interação entre estes fatores não apresentou diferença estatística significativa em nível de 5% de probabilidade pelo teste F (Tabela 1). Os desdobramentos (material e região) foram submetidos ao teste de Tukey ($\alpha= 0.05$) e estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 1: Análise da variância

CAUSAS DA VARIÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB. >F
MATERIAL	1	245,8444411	245,8444411	18,4883	0,00025
REGIÃO	2	670,4066149	335,2033075	25,2084	0,00001
MAT X REG	2	65,7373216	32,8686608	2,4718	0,09483
RESÍDUO	42	558,4869076	13,2973073		
TOTAL	47	1540,4752852			

Média geral: 13,447708

Coefficiente de variação: 27,116%

TABELA 2 - Valores médios de resistência de união dos pinos de fibra de vidro aos terços cervical, médio e apical das raízes (MPa).

CIMENTO RESINOSO		
REGIÕES RADICULARES	SB + REX + FIBR	EDPR + PAN + FIBR
CERVICAL	17,08 (3,05) A	15,75 (4,03) A
MÉDIA	18,42 (2,38) A	13,07 (4,39) A
APICAL	11,62 (5,15) B	4,73 (1,64) B

() Desvio padrão

Médias seguidas por letras distintas **em coluna** diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Legenda: SB =Single Bond, REX= Rely X, EDPR= ED primer, PAN= Panavia, FIBR= Fiberkore

TABELA 3- Valores médios de resistência de união entre pino de fibra de vidro e cimentos resinosos em dentina radicular (MPa).

CR + PINO	REGIÕES RADICULARES		
	CERVICAL	MÉDIA	APICAL
SB + REX + FIBR	17,08 (3,05) A	18,42 (2,38) A	11,62 (5,15) A
EDPR + PAN + FIBR	15,75 (4,03) A	13,07 (4,39) B	4,73 (1,64) B

() Desvio padrão

Médias seguidas por letras distintas **em coluna** diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Legenda: SB =Single Bond, REX= Rely X, EDPR= ED primer, PAN= Panavia, FIBR= Fiberkore

De acordo com a tabela 2, para o material *Single Bond + Rely X*, os valores de resistência de união na região cervical e média não apresentaram diferenças estatísticas entre si, mas foram estatisticamente diferentes e superiores em relação à região apical ($p < 0,05$). O sistema *ED Primer + Panavia* apresentou os valores de resistência de união com este mesmo comportamento estatístico nas três regiões avaliadas.

Já por meio da Tabela 3, pode-se observar que os valores médios de resistência de união de cisalhamento por extrusão não apresentaram diferenças estatisticamente significantes no terço cervical da raiz entre os dois materiais de fixação avaliados. Nas regiões média e apical do conduto, os valores de resistência de união apresentados pelo *Single Bond + Rely X* foram superiores e estatisticamente diferentes em relação aos valores apresentados pelo sistema *ED Primer + Panavia F* ($p < 0,05$).

Características morfológicas das superfícies fraturadas após “push out”.

Na avaliação do tipo de fratura por meio de microscopia eletrônica de varredura, as fotografias mostraram o deslocamento do pino de fibra de vidro das paredes do conduto radicular em função da ação da força axial aplicada durante o ensaio de cisalhamento por extrusão conforme mostra a Figura 9.

\

Em algumas amostras, após o ensaio de cisalhamento por extrusão, o pino deslocou-se completamente e foi possível observar regiões onde partes da resina que envolve o pino permaneceram unidas à dentina, caracterizando falhas coesivas entre as fibras de dióxido de silício e a resina de revestimento (Figura 10). Em outras amostras toda cobertura de resina que envolve o pino deslocou-se deixando as fibras expostas (Figuras 11). Também se observou a presença de bolhas que variaram de tamanho e forma na camada de cimento junto à área da interface de união e mais constantes no terço apical das raízes (Figuras 11 e 16).

Nas Figuras 12 e 13 estão ilustradas as zonas de interdifusão da resina adesiva para o interior da área desmineralizada pelo ácido fosfórico e agente autocondicionante na dentina radicular, respectivamente, formando a camada híbrida.

A camada híbrida produzida após a desmineralização da dentina com o ácido fosfórico e aplicação do adesivo de frasco único *Single Bond* apresentou-se mais espessa ($8\mu\text{m}$), apresentando também total inter-relação com a dentina em um dos lados e com a resina para cimentação no lado oposto (Figura 12). Quando foi utilizado o adesivo autocondicionante *ED Primer*, a zona de interdifusão apresentou-se mais delgada ($2\mu\text{m}$), conforme mostrada na Figura 13.

Na figura 14 observou-se prolongamentos do adesivo que foram tracionados e se desuniram do cimento resinoso. Além disso, a dentina também apresentou áreas desmineralizadas com os túbulos dentinários abertos e sem a presença de resina, na região apical da raiz. A Figura 15 mostrou áreas desmineralizadas e parcialmente infiltradas pelo adesivo; somente os túbulos dentinários apresentaram-se preenchidos, também nesta mesma região da raiz.

Comparando-se as Figuras 16 e 17, observam-se menos bolhas na camada de cimento no terço cervical da raiz (Figura 17) do que no terço apical . (Figura 16). Essas características foram observadas independente do material em estudo.

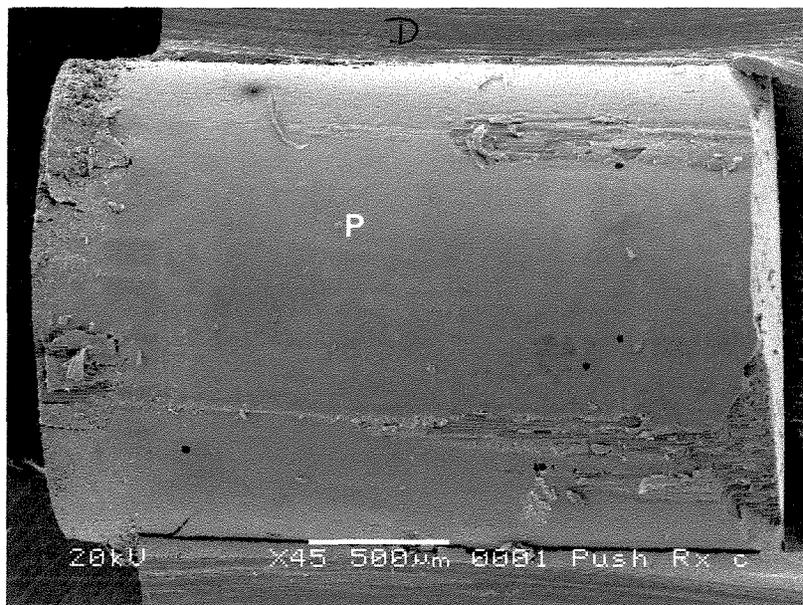


FIGURA 9 - Pino de fibra de vidro submetido ao teste de cisalhamento por extrusão (push out) na região cervical da raiz onde se observa o deslocamento do pino das paredes do conduto radicular. D - dentina; P - pino.

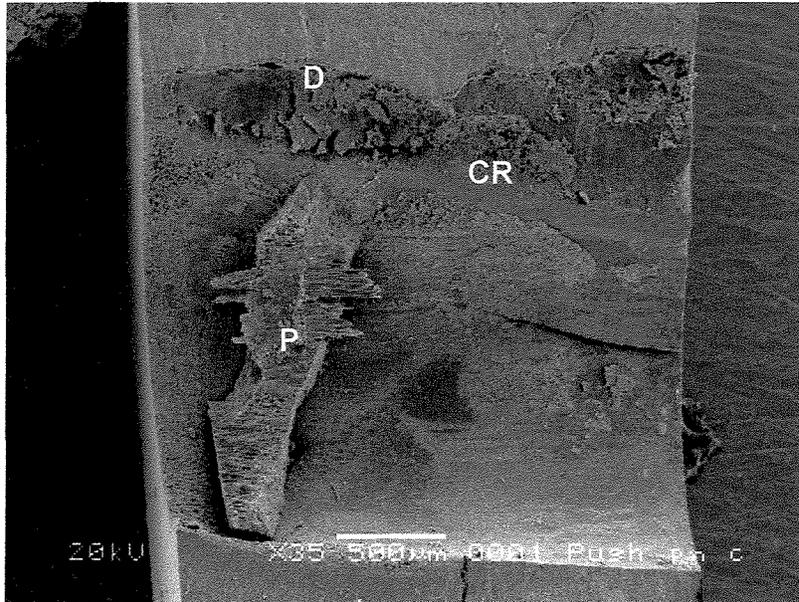


FIGURA 10 - Fotografia ilustrando padrão de fratura do tipo coesiva na resina de revestimento do pino com algumas fibras aderidas a ela após ensaio de cisalhamento por extrusão. CR- cimento resinoso; D- dentina; P- resina de revestimento do pino.

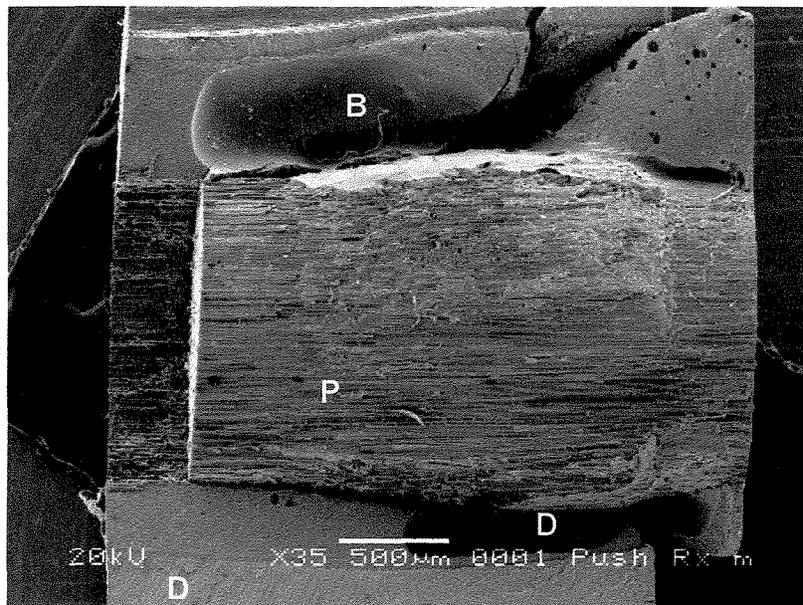


FIGURA 11 – Fibras de dióxido de silício unidas e formadoras do pino expostas por deslocamento da cobertura de resina. Observa-se presença de grandes bolhas na camada de cimento resinoso. B- bolhas; D- dentina; P- pino.

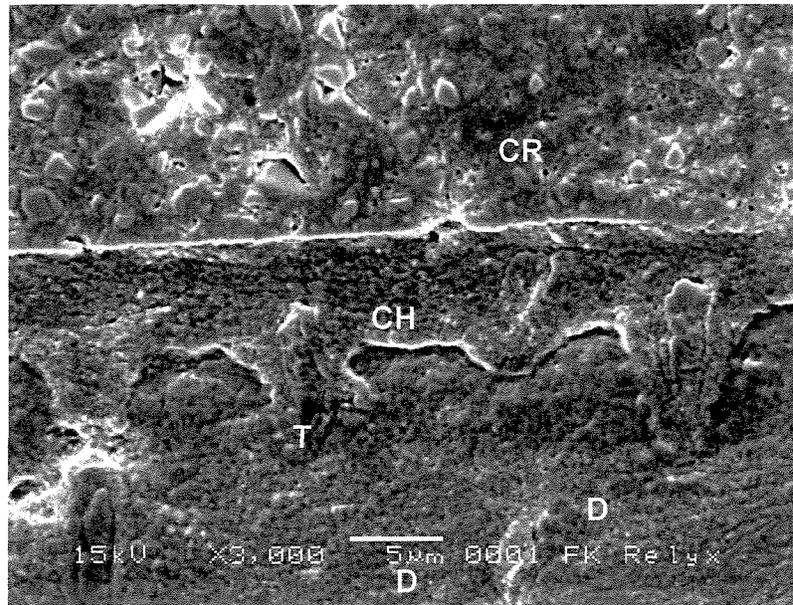


FIGURA 12- Interface de união resina/ dentina após o tratamento com ácido fosfórico e aplicação do sistema adesivo *Single Bond* onde pode ser verificada a formação de prolongamentos resinosos (T) e a camada híbrida (CH) com espessura de 8 μ m. CR- cimento resinoso; D- dentina.

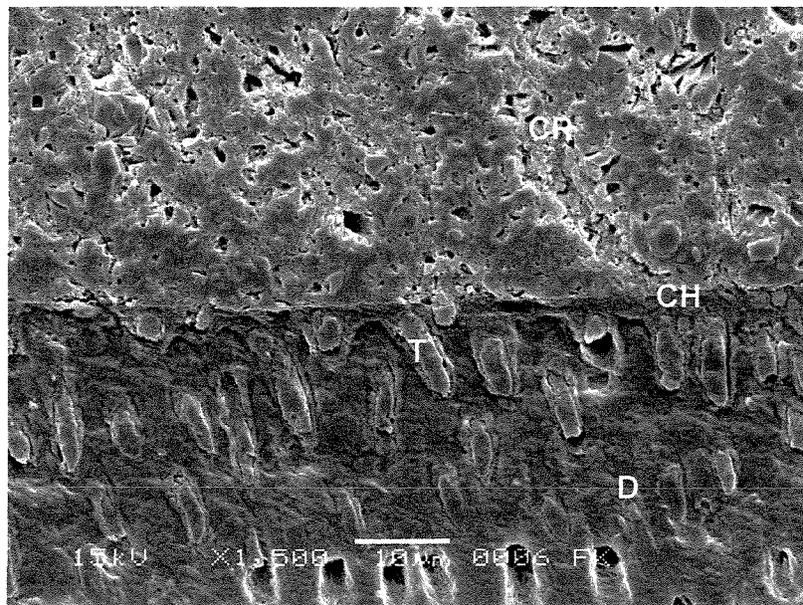


FIGURA 13- Fotografia ilustrando a interface de união resina/dentina após tratamento com *ED Primer* e *Panavia F*, onde podem ser observadas a formação de prolongamentos resinosos (T) com menor comprimento e

espessura da camada híbrida mais delgada ($2\mu\text{m}$). CR- cimento resinoso; CH- camada híbrida ou zona de interdifusão resina/dentina; T- prolongamentos resinosos; D- dentina.

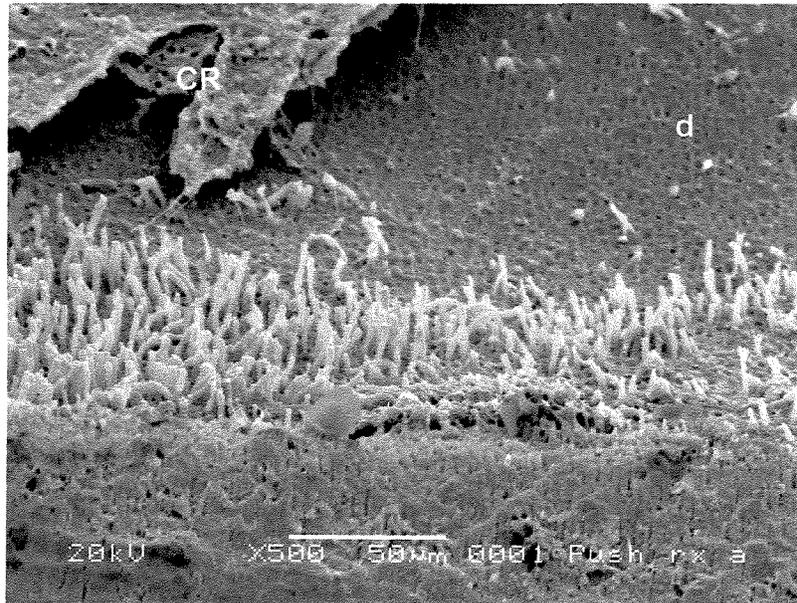


FIGURA 14 - Prolongamentos do adesivo Single Bond (T) desunidas do cimento resinoso na região apical do conduto radicular. Região da dentina desmineralizada e sem a presença de adesivo (d). CR- cimento resinoso.

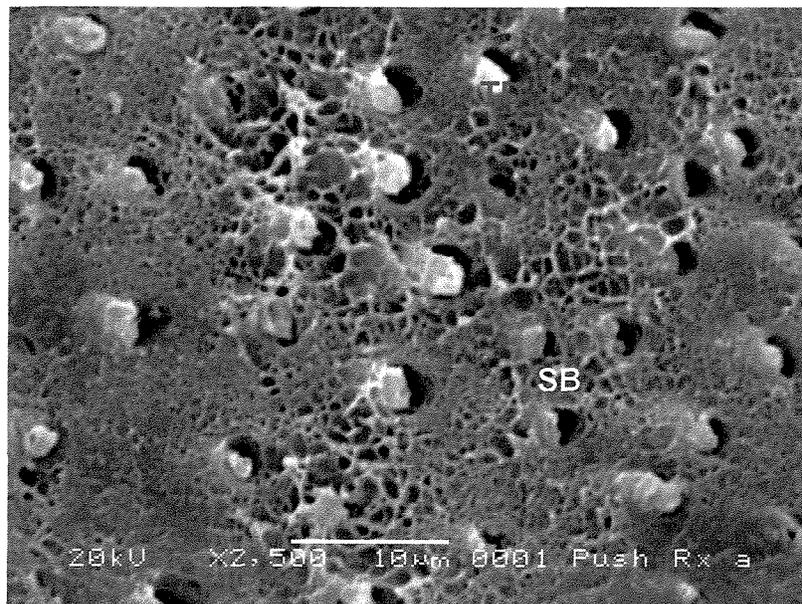


FIGURA 15- Fotografia da dentina do terço apical da raiz evidenciando a existência de áreas da dentina condicionadas pelo ácido fosfórico a 35% que foram parcialmente preenchidas pelo adesivo *Single Bond* (SB). TD- túbulos dentinários parcialmente preenchidos pelo adesivo

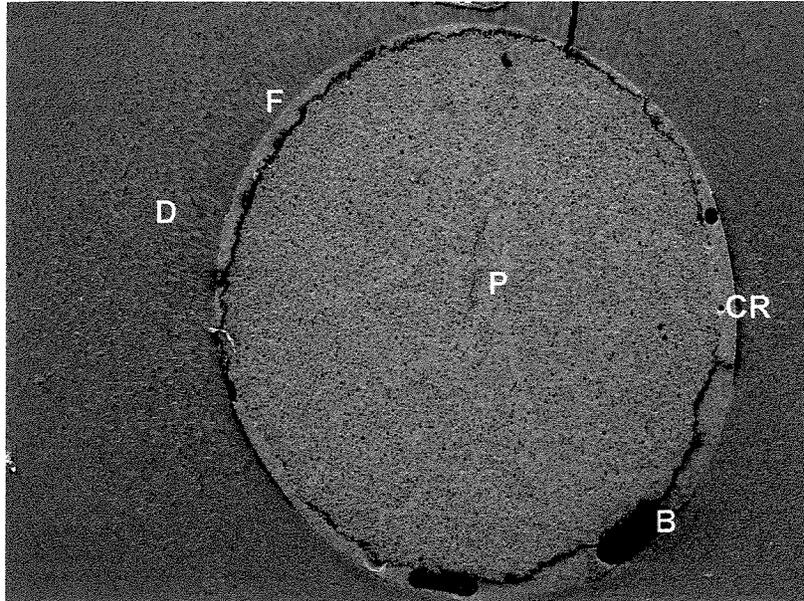


FIGURA 16- Fotografia mostrando o aspecto do pino de fibra de vidro fixado com o sistema de cimentação *Paravia F* no terço apical da raiz. Observou-se uma fenda presente entre a resina de cimentação e o pino e também a presença de bolhas na camada de cimento. D- dentina; P- pino; CR – cimento resinoso; F- fenda; B – bolha.

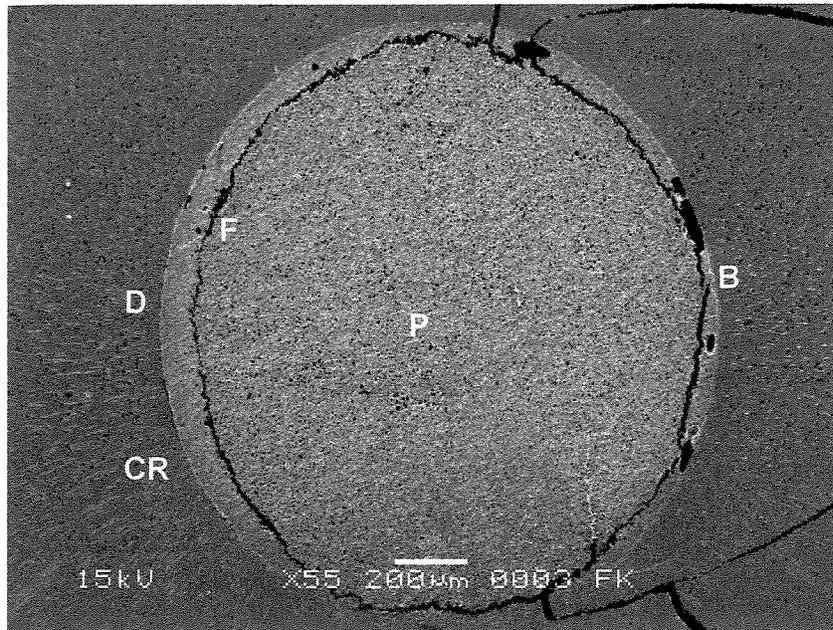


FIGURA 17- Fotografia mostrando o aspecto do pino de fibra de vidro fixado com o sistema de cimentação *Rely X* no terço cervical da raiz. Observou-se menos bolhas nesta região radicular e uma união efetiva entre a resina de cimentação e o pino. D- dentina; P- pino; CR – cimento resinoso; F- fenda; B – bolha.

6. DISCUSSÃO

Há uma grande variedade de pinos intra-radulares disponíveis no mercado odontológico que podem ser classificados em relação à composição, forma, tamanho e mais recentemente, quanto às propriedades mecânicas. Neste estudo foram utilizados pinos estéticos de dióxido de silício reforçados com alumina (Figuras 1 e 2), passivos e com formato paralelo, sendo que a maior vantagem deste tipo de pino está nas suas propriedades mecânicas. O módulo de elasticidade semelhante à dentina faz com que haja melhor distribuição de tensões dentro da raiz sem haver concentrações regionais (PEGORETTI *et al.* 2002), ao contrário do que ocorre com pinos metálicos fundidos convencionais e pré-fabricados metálicos (ASSIF *et al.* 1989, CAILLETEAU *et al.* 1992). Isto contribui para uma redução significativa na incidência de fraturas radulares, (DIETSCHI *et al.* 1997, MANNOCCI *et al.* 1999, SIRIMAI *et al.* 1999, FERRARI *et al.* 2000, 2001) e, conseqüentemente, pode aumentar a longevidade dos dentes tratados endodonticamente.

Na região cervical do conduto radicular, os dois sistemas adesivos de fixação de pinos intra-radulares apresentaram comportamentos semelhantes quanto a resistência de união, não havendo diferenças estatísticas entre eles. Já nos terços médio e apical do conduto, o sistema *Single Bond + Rely*

X apresentou valores estatisticamente diferentes e superiores ao sistema de fixação *ED Primer + Panavia F*. Nos espécimes onde foi aplicado o *Single Bond*, o ácido fosfórico promoveu a remoção total da *smear layer* expondo a rede de fibras colágenas que foi posteriormente infiltrada pelo adesivo, produzindo assim, uma zona de interdifusão dentina/ resina bem definida, com presença dos prolongamentos resinosos no interior dos túbulos dentinários, conforme relatou NAKABAYASHI *et al.* (1982) e a ilustração na Figura 12. No caso do *ED-Primer*, o sistema adesivo composto por monômeros ácidos fosfonados também conseguiu modificar eficientemente a *smear layer* em algumas regiões para promover a hibridização da dentina. Este sistema adesivo apresenta como características morfológicas espessura da camada híbrida e prolongamentos resinosos mais curtos em relação ao sistema adesivo *Single Bond* (Figura 13). Essas características foram também observadas por DIETSCHI *et al.* 1997, PEST *et al.* 2002 e MANNOCCI *et al.* 1999, 2001. Por ser um sistema autocondicionante, o *Ed Primer* não remove completamente a *smear layer* e produz uma abertura limitada dos túbulos dentinários e mantém a rede de colágeno mais flexível e permeável para a infiltração do monômero e formação da camada híbrida (HAYAKAMA 1997, NAKABAYASHI & PASHLEY 2000). O seu elevado pH faz com que tenha uma ação mais suave na dentina, o que pode ter levado-o a apresentar valores inferiores de união nas regiões radiculares média e apical. Além disso, o *Panavia F* pode ser mais dependente da luz para alcançar maior conversão dos monômeros através da reação de polimerização, podendo apresentar uma

quantidade menor de catalizadores químicos da reação, que acarretam em valores inferiores de união.

Os resultados de resistência de união nos terços coronários e médios do preparo radicular foram sempre maiores em comparação ao terço apical, independente do sistema de fixação utilizado. As principais justificativas para esse fato seriam a facilidade de carrear o cimento para essas regiões e a maior possibilidade de penetração da luz visível, otimizando a reação de presa dos sistemas de fixação. Entretanto, FERRARI *et al.* (2000) acreditam que isso ocorra devido à grande variação na direção dos túbulos dentinários nestas regiões e a maior quantidade de dentina intertubular, o que aumenta a retenção mecânica dos sistemas adesivos e dificulta a ruptura da união. Estes autores também mostraram que a camada híbrida é mais uniforme nos dois primeiros terços da raiz. No caso da região do terço apical, existe grande irregularidade da morfologia da dentina, como a presença de canais acessórios, áreas de reabsorção e áreas que sofreram nova deposição de tecido, calcificações pulpare e quantidades variadas de dentina secundária, o que dificulta a permeação dos sistemas adesivos e a formação efetiva de uma camada híbrida, segundo MJOR *et al.* 2001. Estas características morfológicas também podem ter contribuído para os menores valores obtidos no terço apical do preparo radicular para os dois tipos de sistemas adesivos associados aos respectivos cimentos resinosos.

Um outro importante fator que pode prejudicar a união dos pinos na região do terço radicular apical seria a dificuldade de inserção do cimento resinoso nesta área tão constricta da raiz. As técnicas de cimentação que utilizam brocas lentulo ou o cimento levado somente ao pino podem também incorporar bolhas de ar (Figuras 11 e 16), ou o cimento pode simplesmente não alcançar a região deixando falhas de preenchimento. No caso do *Panavia F*, o fabricante não recomenda o uso de instrumentos rotatórios e brocas lentulo para carrear o cimento para o interior do canal, por temer que o cimento no terço apical possa vir a polimerizar-se precocemente devido à reação anaeróbia do sistema adesivo *ED Primer* e, dessa forma, interferir na adaptação do pino. Isso pode dificultar ainda mais o acesso do cimento. Além disso, é evidente a dificuldade da penetração da luz nesta área do conduto, o que prejudica sobremaneira a reação de presa dos cimentos resinosos de ativação dual. Estes cimentos são compostos por peróxido/amina encontrados em sistemas de polimerização química em adição aos foto-iniciadores, como a canforoquinona, usados em materiais foto-sensíveis. Apesar de serem sistemas de polimerização dupla (dual), são dependentes da luz para alcançar maior conversão dos monômeros, pois se acredita que uma quantidade menor do iniciador químico é adicionada a esses cimentos para aumentar o tempo de trabalho, não sendo suficiente para prover completa presa do material na ausência da luz (HASEGAWA *et al* 1991).

Em alguns espécimes, principalmente na região apical, o *Single Bond* apresentou a morfologia da superfície de união alterada, como mostrado na Figura 14. A resina adesiva não se uniu efetivamente ao cimento resinoso e, provavelmente, sofreu tração do interior dos túbulos dentinários durante o ensaio mecânico, formando prolongamentos resinosos (Figura 14). Em outra região a dentina aparece desmineralizada e sem a presença do adesivo (Figura 15). Essas características de união podem ter ocorrido devido a interações químicas do adesivo com a resina de cimentação utilizada, como acreditam SANARIS *et al.* 2001. Segundo estes autores, os sistemas adesivos de frasco único, no caso o *Single Bond*, quando entram em contato com resinas quimicamente ativadas, parecem apresentar uma interação entre os monômeros ácidos residuais existentes na superfície da dentina, cuja polimerização foi inibida pelo contato com o oxigênio, com o iniciador/ativador químico amina/peróxido das resinas auto-ativadas, presentes nos sistemas de polimerização dupla (dual), resultando em menor conversão monomérica..

Um outro ponto importante diz respeito à resistência de um dente tratado endodonticamente estar diretamente relacionada à quantidade de dentina sadia remanescente (TRABERT 1978, ASSIF & GORFIL 1994). Neste estudo, o diâmetro do pino foi selecionado de tal forma que o desgaste da dentina radicular

foi mínimo em função da característica da broca de *largo*. Com isto, a espessura de película do cimento resinoso também foi minimizada, o que contribuiu para uma menor efeito da contração de polimerização da resina composta. No entanto, como o material foi inserido na cavidade através de uma broca lentulo e em incremento único, houve o desenvolvimento de um elevado fator C (DAVIDSON 1984, FEILZER 1987, VERSLUIS *et al.* 1998), que favoreceu a ocorrência de falhas de união produzidas pelo aumento das tensões geradas nas superfícies unidas, como mostram as Figuras 10, 11, 16 e 17. Ainda com relação à técnica de inserção dos cimentos resinosos, existe necessidade da mistura e homogeneização por espatulação das pastas ativadoras e catalisadoras para haver a reação química de polimerização. Neste procedimento é natural a incorporação de bolhas de ar para o interior do cimento resinoso que se apresentam na forma de bolhas ou vazios, tanto no corpo do material quanto na interface de união com a dentina depois de polimerizado, conforme foi observado nas Figuras 11 e 16, e estas características tem sido visualizadas e descritas por outros autores (MILLER *et al.* 1998, MANNOCCI *et al.* 2001 e PEST *et al.* 2002).

Pelos resultados de resistência de união obtidos com este trabalho, os dois primeiros terços da raiz são os grandes responsáveis pela retenção de pinos de fibra de vidro cimentados adesivamente às paredes do canal. Como no terço apical a resistência de união é bastante reduzida, pode-se

pensar no uso de pinos pré-fabricados de fibra de vidro mais curtos sem detrimento da capacidade retentora dos mesmos, já que a união proporcionada pela região média e cervical das raízes pode ser suficiente para promover a retenção e a estabilidade da reconstrução final. Neste sentido, novos trabalhos necessitam ser realizados para que se possa prever tanto o padrão de distribuição de tensões quanto a resistência à tração dos pinos de resina mais curtos, já que são várias as suas vantagens clínicas, como a diminuição da probabilidade de perfurações radiculares pela simplificação da técnica, desgaste desnecessário da dentina intra radicular, que pode enfraquecer o remanescente dental e o deslocamento dos pinos intra-radiculares, devido a falhas de união nas regiões mais profundas da raiz.

7. CONCLUSÃO

De acordo com a análise dos resultados obtidos neste estudo é possível concluir:

- 1- Os pinos intra-radulares de fibra de vidro proporcionaram potencialidade de união com os dois sistemas de fixação utilizados (*Single Bond + Rely X* e *ED Primer + Panavia F.*), apresentando valores de resistência de união sem diferença estatística entre as regiões cervical e média dos condutos radulares preparados;
- 2- Na área correspondente a região apical do pino, os sistemas de fixação apresentaram valores de resistência de união inferiores com diferença estatística significativa em relação às regiões cervical e média;
- 3- O sistema de fixação *Single Bond + Rely X* apresentou maiores valores de resistência de união com diferença estatística em relação ao sistema *ED Primer + Panavia F* nas regiões radulares preparadas média e apical.

¹REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

ASSIF, D., *et al.* Photoelastic analysis of stress transfer by endodontically treated teeth to the supporting structure using different restorative techniques. **J. Prosthet. Dent.**, Saint Louis, v. 61, n.5, p. 535-43, May 1989.

ASSMUSSEM, E. *et al.* Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. **J. Dent.**, Oxford, v. 27, p. 275-8, 1999.

CAILLETEAU, J. G. A comparison of intracanal stresses in a post-restored tooth utilizing the finite element method. **J. Endod.**, Baltimore, n. 18, p. 540-544, Nov. 1992.

CARLINI JÚNIOR. B. **Resistência à fratura de dentes desvitalizados restaurados através de resina composta com ou sem pino intra-radicular.** Piracicaba, 1999. Tese de Mestrado em Dentística. Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.

DAVIDSON, C.L. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. **J Dent. Res.**, Washington, v. 63, n. 12, p. 1396-9, Dec. 1984.

DIETSCHI, D., ROMELLI, M., GORETTI, A. Adaptation of adhesive posts and cores to dentin after fatigue testing. **Int. J. Prosthodont.**, v. 10, n. 6, p. 498-507, 1997.

DRUMMOND, J.L. In vitro evaluation of endodontic posts. **Am. J. Dent.**, San Antonio, 13

* Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)- NBR 6023 de agosto de 2000.

(special issue): 5B, May 2000.

FEILZER, A.J., DE GEE, A.J., DAVIDSON, C.L. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. **J. Dent. Res.**, Washington, v.66, n.11, p. 1636-9, Nov. 1987.

FERRARI, M. *et al.* Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and cores. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v. 13 (special Issue), p. 15B- 18B, May 2000.

FERRARI, M., *et al.* Bonding to root canal: Structural characteristics of the substrate. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v. 13, n.5, p. 255-60, Oct. 2000.

FERRARI, M., *et al.* Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. **Am. J. Dent.**, San Antonio , v. 13 (special Issue), p. 9B- 14B, May 2000.

FERRARI, M., VICHI, A., GRANDINI, S. Efficacy of different adhesive techniques on bonding to root canal walls: an SEM investigation. **Dent. Mat.**, Washington, v. 17, p. 422-9, 2001.

FUSAYAMA, T., MAEDA, T. Effect of pulpectomy on dentin hardness. **J. Dent. Res.**, Washington, v. 48, n. 3, p. 452-60, May/June. 1969.

GUSY, G.E., NICHOLLS, J.I. In vitro comparison of intact endodontically treated teeth with and without endo-post reinforcement. **J. Prosthet. Dent.**, Saint Louis, v. 42, n.1, p. 39-43, June.1979.

HASAGAWA, E. A., BOYER, D. B., CHAN, D.C.N. Hardening of dual-cured cements under composite resin inlays. **J. Prosthet. Dent.**, Saint Louis, v. 66, p. 187-92, 1991.

- HAYAKAMA, T. *et al.* Influence of self-etching primer treatment on the adhesion of resin composite to polished dentin and enamel. **Dent. Mat.**, Washington, v. 14, n.2, p. 187, May 1997. [Abstract, 1391]
- MANNOCCI, F., INNOCENTI, M., FERRARI, M. Confocal and scanning electron microscopic study of teeth endodontically treated and restored with fiber posts, metal posts and composite resins. **J. Endod.**, Baltimore, v. 25, p. 789-94, 1999.
- MANNOCCI, F. FERRARI, M., WATSON, T.F. Intermittent loading of teeth restored using quartz fiber, carbon-quartz fiber and zirconium dioxide ceramic root canal posts. **J. Adhes. Dent.**, Berlin, v. 1, n. 2, p.153-8,. 1999.
- MANNOCCI, F., *et. al.* Microtensile bond strength and confocal microscopy of dental adhesives bonded to root canal dentin. **J. Dent.**, Oxford, v.4, p. 200-4, Aug. 2001.
- MARTINEZ-INSUA, *et al.* Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with a cast post and core or carbon-fiber post with a composite core. **J. Prosthet. Dent.**, Saint Louis, v. 80, n.5. p. 527-32, Nov. 1998.
- MILLER, B.H., *et al.* Bond strength between cements and metals used for endodontic posts. **Dent. Mater.**, Washington, v. 14:, p.312-320, Sept. 1998.
- MJOR, I. A. The structure of dentine in the apical region of human teeth. **Int. Endod. J.**, Oxford, v. 34, n. 5, p.346-53, July. 2001.
- NAKABAYASHI, N., PASHLEY, D. **Hibridização dos tecidos dentais duros**. 1^a ed. São Paulo: Quintessence, 2000.129p.
- NAKABAYASHI, N., KOJIMA, K., MASUHARA, E. The promotion of adhesion by the

- infiltration of monomers into tooth substrates. **J. Biomed. Mater. Res.**, New York, v. 16, n.2, p.265-73, Apr. 1982.
- NAKABAYASHI, N., NAKAMURA, M., YASUDA. Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism. **J. Esthet. Dent.**, Hamilton, v.3, n.4, p.133-8, July/Aug.1991.
- PEGORETTI, A. *et al.* Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. **Biomaterials**, v. 23, n. 13, p.2667-82, July. 2002.
- PEST, L. B., *et al.* Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: Push out test and SEM observations. **Dent. Mat.**, Washington, v. 18, p. 596-602, 2002.
- RIVERA, E., YAMAUCHI, M. Dentin collagen cross-links of root-filled and normal teeth. **J. Endod.**, Baltimore, v.7, p.421-2, 1981.
- ROSENTRIT, M., *et al.*, Comparison of in vitro fracture strength of metallic and tooth-coloured posts and cores. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 27, p. 595-601, 2000.
- SANARES, A. M., *et al.* Adverse surface interactions between one-bottle light-cured adhesives and chemical-cured composites. **Dent. Mat.**, Washington, v. 17, p. 542-56, 2001.
- SEDGLEY, C.M., MESSER. I Are endodontically treated teeth more brittle? **J. End.**, Baltimore, v. 18, n.7, p. 332-5, July. 1992.
- SIRIMAI, S., *et al.* An in vitro study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restore with six post-and-core systems. **J. Prosthet. Dent.**, Saint Louis, v. 81, n. 3, p. 262-9, Mar. 1999.
- SORENSEN, J.A., ENGELMAN, M.J. Ferrule design and fracture resistance of

endodontically treated teeth. **J. Prosthet. Dent.**, Saint Louis, v. 63, n. 5, p. 529-36, May 1990.

TRABERT, K.C., *et al.* Tooth fracture – A comparison of endodontic and restorative treatments. **J. End.**, Baltimore, v. 4, n. 11, p. 341-5, Nov. 1978.

VERSLUIS, A. *et al.* Does incremental filling technique reduce polymerization shrinkage stresses? **J. Dent. Res.**, Washington, v. 75, n.3, p. 871-8, Mar. 1996.

VICHI, A., GRANDINI, S., FERRARI, M. Clinical procedure for luting glass-fiber posts. **J. Adhes Dent.**, Berlin, v.3, p. 353-9, 2001.

WAKEFIELD, C. W., *et al.* Shear bond strengths of six bonding systems using the push-out method of in vitro testing. **Operative Dent.**, Seattle, v. 23, p. 69-76, 1998.

YOSHIYAMA, M. *et al.* Regional bond strengths of resins to root human dentine. **J. Dent.**, Oxford, v. 24, n. 6, p. 435- 42, 1996.

ANEXO 1

TABELA 1- Resultados do ensaio de resistência de união do sistema de fixação **SINGLE BOND + RELY X** à dentina da região cervical do conduto. Valores originais em Kg/f e. transformados em MPa.

REGIÃO AMOSTRA	CERVICAL Kg/f	CERVICAL MPa
Amostra 1	23,06	18,44
Amostra 2	25,26	20,20
Amostra 3	21,44	17,15
Amostra 4	24,87	19,89
Amostra 5	12,90	10,32
Amostra 6	21,45	17,16
Amostra 7	20,98	16,78
Amostra 8	20,97	16,77
Média	21,36	17,08

TABELA 2- Resultados do ensaio de resistência de união do sistema de fixação **SINGLE BOND + RELY X** à dentina da região média do conduto radicular. Valores originais em Kg/f e. transformados em MPa.

REGIÃO AMOSTRA	MÉDIA Kg/f	MÉDIA MPa
Amostra 9	21,65	17,32
Amostra 10	22,17	17,73
Amostra 11	23,07	18,45
Amostra 12	23,81	19,04
Amostra 13	21,79	17,43
Amostra 14	26,44	21,15
Amostra 15	27,44	21,95
Amostra 16	17,91	14,32
Média	23,03	18,42

TABELA 3- Resultados do ensaio de resistência de união do sistema de fixação **SINGLE BOND + RELY X** à dentina da região apical do conduto radicular. Valores originais em Kg/f e. transformados em MPa.

REGIÃO AMOSTRA	APICAL Kg/f	APICAL MPa
Amostra 17	18,46	14,76
Amostra 18	18,44	14,75
Amostra 19	19,46	15,80
Amostra 20	8,01	6,40
Amostra 21	22,30	17,84
Amostra 22	16,04	12,83
Amostra 23	5,73	4,58
Amostra 24	7,50	6,0
Média	14,49	11,62

TABELA 4- Resultados do ensaio de resistência de união do sistema de fixação **PANAVIA + ED PRIMER** à dentina da região cervical do conduto radicular. Valores originais em Kg/f e. transformados em MPa.

REGIÃO AMOSTRA	CERVICAL Kg/f	CERVICAL MPa
Amostra 25	16,36	13,08
Amostra 26	23,23	18,58
Amostra 27	15,88	12,70
Amostra 28	23,23	18,58
Amostra 29	23,23	18,58
Amostra 30	12,42	9,93
Amostra 31	26,82	21,45
Amostra 32	16,40	13,12
Média	19,69	15,75

TABELA 5- Resultados do ensaio de resistência de união do sistema de fixação **PANAVIA + ED PRIMER** à dentina da região média do conduto radicular. Valores originais em Kg/f e. transformados em MPa.

REGIÃO AMOSTRA	MÉDIA Kg/f	MÉDIA MPa
Amostra 33	15,53	12,42
Amostra 34	23,19	18,55
Amostra 35	7,50	6,0
Amostra 36	11,76	9,40
Amostra 37	17,50	14,0
Amostra 38	21,14	16,91
Amostra 39	21,95	17,16
Amostra 40	12,63	10,10
Média	18,34	13,06

TABELA 6- Resultados do ensaio de resistência de união do sistema de fixação **PANAVIA + ED PRIMER** à dentina da região apical do conduto radicular. Valores originais em Kg/f e. transformados em MPa .

REGIÃO AMOSTRA	APICAL Kg/f	APICAL MPa
Amostra 41	7,86	6,28
Amostra 42	6,93	5,54
Amostra 43	2,54	2,03
Amostra 44	7,81	6,24
Amostra 45	7,10	5,68
Amostra 46	7,04	5,63
Amostra 47	3,85	3,08
Amostra 48	4,24	3,39
Média	5,92	4,73

ANEXO 2

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: RESISTÊNCIA DE UNIÃO

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	MATERIAL
B	REGIÃO

QUADRO DA ANÁLISE DA VARIÂNCIA

CAUSAS DA VARIÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB. >F
MATERIAL	1	245,8444411	245,8444411	18,4883	0,00025
REGIÃO	2	670,4066149	335,2033075	25,2084	0,00001
MAT X REG	2	65,7373216	32,8686608	2,4718	0,09483
RESÍDUO	42	558,4869076	13,2973073		
TOTAL	47	1540,4752852			

Média geral: 13,447708

Coefficiente de variação: 27,116%

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE MATERIAL

NUM. ORDEM	NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	SING+REL	24	15,710835	15,710835	a	A
2	2	EDPR+PAN	24	11,184584	11,184584	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

D.M.S 5%= 2,12660 D.M.S. 1%= 2,83894

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL DENTRO DO TERÇO CERVICAL DO FATOR

REGIÃO

NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	SING+REL	8	17,088751	17,088751	a	A
2	EDPR+PAN	8	15,752501	15,752501	a	A

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL DENTRO DO TERÇO MÉDIO DO FATOR

REGIÃO

NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	SING+REL	8	18,423752	18,423752	a	A
2	EDPR+PAN	8	13,067500	13,067500	b	A

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL DENTRO DO TERÇO APICAL DO FATOR

REGIÃO

NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	SING+REL	8	11,620001	11,620001	a	A
2	EDPR+PAN	8	4,733750	4,733750	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE REGIÃO

NUM. ORDEM	NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	CERVICAL	16	16,420626	16,420626	a	A
2	2	MÉDIO	16	15,745626	15,745626	a	A
3	3	APICAL	16	8,176876	8,176876	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

D.M.S 5%= 3,13238 D.M.S. 1%= 3,97565

MÉDIAS DO FATOR REGIÃO DENTRO DE SING+REL DO FATOR MATERIAL

NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	CERVICAL	8	17,088751	17,088751	a	A
2	MÉDIO	8	18,423752	18,423752	a	AB
3	APICAL	8	11,620001	11,620001	b	B

MÉDIAS DO FATOR REGIÃO DENTRO DE EDPR+PAN DO FATOR MATERIAL

NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	CERVICAL	8	15,752501	15,752501	a	A
2	MÉDIO	8	13,067500	13,067500	a	A
3	APICAL	8	4,733750	4,733750	b	B

ANEXO 3

FÓRMULAS UTILIZADAS PARA OBTENÇÃO DOS RESULTADOS

FÓRMULA 1:- $\pi \times d \times h$, onde

d= diâmetro da cavidade = diâmetro da broca *largo* nº 5

h= altura da amostra da raiz = altura de cada terço radicular

9,80 m/s² = fator de conversão de Kgf para N

Cálculo efetuado:

$$A = 3,1416 \times 1,5 \times 2,6 = 12,252 \text{ mm}^2$$

Tranformação dos valores de Kgf para Newton

$$1\text{N} = 9,8 \text{ Kgf}$$

Valor em N= 9,8m/s² . Valor obtido em Kgf

Cálculo da tensão máxima exercida durante o teste de *push out*:

$$\text{FÓRMULA 2: } T \text{ (Mpa)} = F \text{ (N)} / A \text{ (mm}^2\text{)}$$