

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

**FABIO HIROYUKI OGATA MITSUI**

**Cirurgião-dentista**

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FRATURA DE RAÍZES  
BOVINAS COM SISTEMAS DE RETENÇÃO INTRA-  
RADICULAR SUBMETIDAS À CICLAGEM MECÂNICA**

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

**PIRACICABA**  
**2003**

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

**FABIO HIROYUKI OGATA MITSUI**

**Cirurgião-dentista**

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FRATURA DE RAÍZES BOVINAS  
COM SISTEMAS DE RETENÇÃO INTRA-RADICULAR SUBMETIDAS À  
CICLAGEM MECÂNICA**

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

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Giselle Maria Marchi Baron  
Co-Orientador: Prof. Dr. Luiz André Freire Pimenta

Banca examinadora:

Prof. Dr. Silvio José Mauro  
Prof. Dr. Guilherme Elias Pessanha Henriques  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Giselle Maria Marchi Baron

Suplente:

Prof. Dr. Caio César Randi Ferraz

**PIRACICABA**  
**2003**





## DEDICO ESTE TRABALHO,

*A DEUS, sempre presente, a quem devo tudo em  
minha vida;*

*Aos meus pais, ANTONIO e MARILDA, que não  
mediram esforços, incentivo e amor, para que mais  
esta etapa de minha formação fosse concluída;*

*À minha irmã, RENATA, pela amizade, apoio e  
companheirismo;*

*À ALESSANDRA, jóia mais preciosa que encontrei, que  
dedicou todo seu amor, incentivo e confiança para que esse e  
outros objetivos pudessem ser alcançados. Não sei se tais  
palavras são suficientes para demonstrar minha gratidão,  
mas essas certamente evidenciam meus mais sinceros  
sentimentos: TE AMO.*

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

À minha orientadora, **Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> GISELLE MARIA MARCHI BARON**, minha eterna gratidão pela orientação ativa, amizade, incentivo e confiança demonstrada desde o nosso primeiro contato... és e sempre será uma pessoa que admiro muito!

Ao **Prof. Dr. LUIZ ANDRÉ FREIRE PIMENTA**, co-orientador deste trabalho, pela ajuda, ensinamentos e atenção.

## AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, nas pessoas do seu diretor **Prof. Dr. Thales Rocha de Mattos Filho** e do Diretor Associado **Prof. Dr. Oslei Paes de Almeida**, pela oportunidade da realização deste trabalho.

Ao **Prof. Dr. Lourenço Correr Sobrinho**, coordenador geral do curso de pós-graduação e à **Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Brenda Paula Figueiredo de Almeida Gomes**, Coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, pela atenção prestada.

Ao **Prof. Dr. Simonides Consani** e **Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti**, da Área de Materiais Dentários da FOP-UNICAMP, pela utilização do laboratório e da Máquina de Cidagem Mecânica.

Aos professores que participaram de minha banca de qualificação **Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti**, **Prof. Dr. Caio César Randi Ferraz** e **Prof. Dr. Marcelo Ferraz Mesquita**, pelas sugestões que só vieram a enriquecer meu trabalho.

Aos professores da Área de Dentística, que contribuíram com o aprimoramento de meus conhecimentos.

À **FAEP** (Fundo de Apoio ao Estudo e à Pesquisa), pelo Auxílio à pesquisa concedido, o que nos permitiu adquirir os materiais necessários à realização do trabalho.

Ao técnico especializado da Área de Materiais Dentários da FOP-UNICAMP, engenheiro **Marcos Blanco Cangiani**, pela ajuda no manuseio da Máquina de Cidagem Mecânica.

À **Paula “Crazy”**, que em todos os momentos esteve sempre disposta a nos ajudar com sua eficiência e alegria.

Ao técnico de laboratório **Reinaldo**, pela colaboração nos procedimentos de fundição.

Aos meus amigos “irmãos” **Daniel, Léo, Rogério, Eduardo e Carlos** pela amizade verdadeira, que eu sinceramente, espero que nunca se acabe.

À **Ciça**, minha grande amiga, pela amizade, paciência e incentivo nos momentos mais difíceis.

À **Mirela e Larissa**, amigas, confidentes e “companheiras de lar”, obrigadas pela alegria, compreensão e paciência em me aturar em sua casa.

À **Carol**, pela grande amizade descoberta nesses dois últimos anos e que, certamente, durará ainda por muito tempo.

À **Ana Karina**, que mesmo longe no último ano, tornou-se uma grande amiga, me aconselhando por e-mail em todas as dificuldades.

À minha segunda família chamada Dentística, **Patty, Carol, Grace, Denise, Érica, Vanessa, Teca, André, César, Vanessa, Ricardinho, Celso, Guto, Cris, Alex, Flávio, Cláudia** e **Carlos**, amigos que sempre virão à lembrança, pelos momentos de descontração e alegria vividos juntos.

Aos meus amigos do curso de Pós-Graduação **Gisele, Roberta, Paula, Luciana, Margarete, Marlise**, pela amizade e companheirismo desde a época da graduação.

A todos,

**Meus sinceros agradecimentos.**

***“Ser mestre não é resolver tudo com afirmações, nem dar lições para que outros aprendam... ser mestre é verdadeiramente ser discípulo.”***

**(Kierkegaard)**

# SUMÁRIO

	PÁGINA
<b>RESUMO</b>	1
<b>ABSTRACT</b>	3
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	5
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b>	10
<b>3. PROPOSIÇÃO</b>	40
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	41
4.1 MATERIAIS	41
4.2 MÉTODOS	41
4.2.1 Delineamento experimental	41
4.2.2 Seleção dos dentes	42
4.2.3 Grupos experimentais.	44
4.2.4 Preparo das raízes	45
4.2.4.1 Preparos intra-radiculares para núcleos metálicos fundidos e núcleos de resina composta	45
4.2.4.2 Preparos intra-radiculares para pinos pré-fabricados	46
4.2.5 Confeção e fundição dos padrões para os núcleos metálicos fundidos	46
4.2.6 Confeção de núcleos de resina composta pela técnica direta	47
4.2.7 Cimentação dos núcleos metálicos fundidos e dos pinos pré-fabricados	49
4.2.8 Confeção dos “núcleos de preenchimento” sobre os pinos de fibra de carbono	51
4.2.9 Inclusão das raízes	51
4.2.10 Confeção dos “nichos” e casquetes metálicos	53
4.2.11 Ensaio de ciclagem mecânica	54
4.2.12 Carregamento tangencial de compressão	56

4.2.13 Análise estatística	58
<b>5. RESULTADOS</b>	59
<b>6. DISCUSSÃO</b>	62
<b>7. CONCLUSÕES</b>	74
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	75
<b>ANEXOS</b>	82

---

**RESUMO**

---

O uso de dispositivos intra-radulares para possibilitar a restauração de dentes com coroa clínica destruída é um procedimento clínico amplamente empregado. Assim, frente à grande variedade de pinos pré-fabricados desenvolvidos para o mercado odontológico, o objetivo deste trabalho foi avaliar, *in vitro*, a resistência à fratura por compressão tangencial de raízes de dentes bovinos com sistemas de pinos intra-radulares submetidas à aplicação de ciclagem mecânica. Foram selecionadas 56 raízes de incisivos inferiores bovinos com dimensões semelhantes, as quais foram separadas em quatro grupos experimentais, de acordo com o sistema de retenção intra-radicular empregado: núcleo metálico fundido (Grupo A), pino pré-fabricado metálico Radix-Anker (Grupo B), pino pré-fabricado de fibra de carbono Æstheti-Post (Grupo C) e núcleo de resina composta fotopolimerizável Filtek Z250 (Grupo D). Após a fixação dos pinos nas raízes, com cimento resinoso de dupla ativação, estas foram incluídas em resina de poliestireno e submetidas à aplicação de 100.000 ciclos de carga de 80N e frequência de 3,5Hz. Os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de resistência à fratura com aplicação de carregamento tangencial de compressão com ângulo de 135° em relação ao longo eixo da raiz, com velocidade de 0,5mm/min. Após Análise de Variância e Teste Tukey ( $\alpha=0,05$ ), verificou-se que as raízes restauradas com núcleos metálicos fundidos apresentaram maiores valores de resistência à fratura, sendo estatisticamente diferentes das raízes restauradas com pinos pré-fabricados metálicos e de fibra de carbono. Entretanto,

não foi evidenciada diferença estatística significativa entre os pinos pré-fabricados avaliados ( $p>0,05$ ). Os corpos-de-prova restaurados com resina composta não puderam ser avaliados quanto à resistência à fratura, pois fraturaram durante a realização do ensaio de ciclagem mecânica.

**ABSTRACT**

---

The application of root canal posts for the restoration of endodontically treated teeth is a commonly indicated clinical procedure when crown retention is required. Therefore, due to the present availability of different kinds of posts in the dental market, the aim of this study was to evaluate, *in vitro*, the fracture resistance of bovine roots with different intraradicular post systems and submitted to mechanical load cycling. Fifty-six bovine incisors with similar dimensions were selected and divided into four experimental groups according to the intraradicular post system used: custom cast dowels (Group A), prefabricated metallic post Radix-Anker (Group B), prefabricated carbon fiber post Æstheti-Post (Group C) and light-cured composite resin dowels Filtek Z250 (Group D). After post installation with a dual resin cement, the roots were emerged in cold cure polystyrene resin and submitted to 100,000 load cycles at a load of 80N and at a frequency of 3.5Hz. The specimens were then submitted to fracture resistance testing, with a compressive load at an angle of 135 degrees in relation to the long axis of the root at a speed of 0.5mm/min. ANOVA and Tukey test ( $\alpha=0,05$ ) showed that the roots restored with custom cast dowels presented higher fracture resistance values, with statistically significant difference when compared with roots restored with prefabricated metallic and carbon fiber posts. However, no statistically significant difference was found between the prefabricated posts ( $p>0.05$ ). The specimens that were filled with light cured composite resin could not

be submitted to fracture resistance testing, because they failed previously in the mechanical load cycling test.

## 1. INTRODUÇÃO

---

A restauração de dentes tratados endodonticamente com grande destruição coronária constitui, até os dias atuais, um grande desafio aos cirurgiões-dentistas (KAHN *et al.*, 1996; ALBUQUERQUE *et al.*, 1998), pois tais dentes apresentam-se, geralmente, enfraquecidos devido à perda de estrutura dental sadia por cáries, preparação cavitária, instrumentação do canal radicular e outros fatores idiopáticos (SIVERS & JOHNSON, 1992; ASMUSSEN *et al.*, 1999). Conseqüentemente, ocorre redução na capacidade do dente em resistir às diferentes forças intra-orais (BURGESS *et al.*, 1992; SORNKUL & STANNARD, 1992; ASSIF & GORFIL, 1994).

Assim, a aplicação de sistemas de retenção intra-radicular para tais dentes tratados endodonticamente tem sido um procedimento bem aceito no meio clínico (GATEAU *et al.*, 1999; COHEN *et al.*, 2000). TRABERT & COONEY, em 1984, afirmaram que nas situações em que duas ou mais paredes coronárias adjacentes estiverem ausentes, o uso de retentores intra-radulares deve ser considerado. De acordo com ASMUSSEN *et al.* (1999), um retentor intra-radicular ideal deve promover retenção à coroa protética e transferir forças ao longo da raiz de maneira que não ocasionem fraturas.

Atualmente, parece não haver mais controvérsias na literatura em relação ao aumento de retenção da restauração promovido pelos núcleos metálicos fundidos e pinos pré-fabricados (ASSIF & GORFIL, 1994; ISIDOR *et al.*,

1996; SAUPE *et al.*, 1996; HEYDECKE *et al.*, 2002). Entretanto, alguns autores afirmam, por meio de seus estudos, que a cimentação de um pino intra-radicular proporciona, além de retenção à restauração, um reforço da estrutura radicular remanescente de dentes desvitalizados (KANTOR & PINES, 1977; TRABERT *et al.*, 1978). Outros estudos demonstram que a resistência à fratura dos mesmos está relacionada diretamente à quantidade de estrutura dental remanescente sadia (ASSIF & GORFIL, 1994; MARTINEZ-INSUA *et al.*, 1998; MARCHI *et al.*, 2001), contraindicando, dessa maneira, o uso de dispositivos no interior do canal, quando há tecido dental sadio suficiente para reter uma restauração (ASSIF *et al.*, 1993; ASSIF & GORFIL, 1994; DEAN *et al.*, 1998). Outros autores chegam a sugerir que o preparo e a instalação de sistemas intra-radulares podem enfraquecer o elemento dental (TROPE *et al.*, 1985; ASSIF & GORFIL, 1994; DEAN *et al.*, 1998).

Os pinos pré-fabricados surgiram a partir do emprego de novas tecnologias e materiais odontológicos, proporcionando maior facilidade na aplicação da técnica (preparação e instalação). Utilizando-se pinos pré-fabricados com formato paralelo e rosqueáveis em dentina, pode-se obter melhores resultados de retenção e de distribuição de forças ao longo do canal radicular, quando comparados aos núcleos metálicos fundidos (CAPUTO & HOKAMA, 1987; SORENSEN & ENGELMAN, 1990, CHRISTENSEN, 1998; MARCHI *et al.*, 2001).

Os pinos metálicos não possuem nenhum tipo de problema em relação aos pré-requisitos de rigidez, resistência e retenção (PURTON & PAYNE, 1996). No entanto, deve-se salientar que alguns metais são passíveis de corrosão, além do

fator estético negativo, uma vez que muitos pacientes exigem restaurações livres de metal (PURTON & PAYNE, 1996).

Recentemente, foram desenvolvidos pinos intra-radulares à base de fibra de carbono. A aplicação de tais materiais proporciona uma série de vantagens, tais como biocompatibilidade, resistência à corrosão e à fadiga (TORBJÖRNER *et al.*, 1996; ALBUQUERQUE *et al.*, 1998; DRUMMOND *et al.*, 1999), além de possuírem propriedades mecânicas satisfatórias, como módulo de elasticidade semelhante à dentina (ALBUQUERQUE *et al.*, 1998; FREDRIKSSON *et al.*, 1998; DRUMMOND *et al.*, 1999). Inicialmente, tais pinos apresentavam algumas desvantagens como falta de estética e radiolucidez radiográfica (ALBUQUERQUE *et al.*, 1998; DEAN *et al.*, 1998; FREDRIKSSON *et al.*, 1998). No entanto, estas já foram solucionadas pelo revestimento com uma camada biomíneral, de coloração esbranquiçada (*Bisco Inc.*).

Apesar da grande quantidade de vantagens associadas aos pinos pré-fabricados, a utilização dos núcleos metálicos fundidos é ainda muito comum no meio clínico (KAHN *et al.*, 1996; ALBUQUERQUE *et al.*, 1998), sendo, também, indicados para dentes monorradulares de pequeno volume coronário (MORGANO & MILOT, 1993; MARTINEZ-INSUA *et al.*, 1998; MORGANO & BRACKETT, 1999). Está indicado, também, em casos em que a porção radicular é muito estreita (MARTINEZ-INSUA *et al.*, 1998), e um possível preparo para instalação de pinos pré-fabricados levaria ao enfraquecimento do elemento dental. No entanto, esse sistema apresenta algumas desvantagens, tais como necessidade de maior

número de sessões clínicas para sua instalação, envolvimento de procedimentos laboratoriais e maior custo (FRAGA *et al.*, 1998; MORGANO & BRACKETT, 1999; REAGAN *et al.*, 1999).

A introdução de materiais resinosos capazes de aderir à estrutura dentinária tem levado alguns autores a sugerir o preenchimento do canal radicular com compósitos resinosos fotopolimerizáveis como alternativa para a confecção de núcleos, possibilitando a instalação da coroa protética (BEX *et al.*, 1992; LUI, 1994). Segundo LUI, em 1994, uma raiz internamente reconstruída com materiais adesivos apropriados pode ter sua estrutura reforçada para suportar as forças mastigatórias intra-orais.

A habilidade dos sistemas de retenção intra-radulares em resistir às forças mastigatórias intra-orais constitui fator crítico na durabilidade de uma restauração (LIBMAN & NICHOLLS, 1995). A aplicação de testes em que uma carga constante (compressão) é aplicada até o ponto de ruptura do conjunto pino/dente tem sido muito utilizada por vários estudos *in vitro* (TROPE *et al.*, 1985; SORENSEN & ENGELMAN, 1990; MARCHI *et al.*, 2001). Nos últimos anos, foram introduzidos estudos laboratoriais em que se preconiza a aplicação de cargas intermitentes, resultando em rupturas do conjunto pino/dente por fadiga (HUYSMANS *et al.*, 1993; ISIDOR *et al.*, 1996; REAGAN *et al.*, 1999; COHEN *et al.*, 2000). Esse tipo de ensaio laboratorial tem sido descrito na literatura, refletindo com maior fidelidade a dinâmica das forças mastigatórias recebidas pela restauração em situações clínicas (HUYSMANS *et al.*, 1993; REAGAN *et al.*, 1999).

Dessa forma, diante da necessidade do uso de pinos intra-radulares para proporcionar a retenção das restaurações de dentes tratados endodonticamente, e frente a diferentes e novos tipos de pinos disponíveis no mercado, é válido verificar a influência destes na resistência à fratura de raízes submetidas à ciclagem mecânica e posterior carregamento tangencial de compressão.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

---

Em 1977, KANTOR & PINES utilizaram dentes humanos monorradiculares para avaliar a resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente restaurados com diferentes técnicas. Assim, foram formados quatro grupos. O primeiro era considerado controle e não possuía nenhum tipo de reforço em sua estrutura. O segundo grupo recebeu preparo intra-radicular e reforço com um pino de aço inoxidável de 0,05 polegadas. O grupo 3 teve seu canal preparado na mesma profundidade do grupo anterior e foram confeccionados núcleos fundidos em ouro. Os dentes do último grupo receberam preparo intra-radicular, e um pino metálico com um núcleo coronário em resina composta foi cimentado em seu interior. Todos os dentes foram submetidos ao carregamento tangencial de compressão, em uma angulação de 45 graus em relação ao longo eixo do dente. Os resultados mostraram que os dentes que receberam um pino em sua estrutura radicular apresentaram os maiores valores de resistência à compressão, superando o grupo controle. Dessa maneira, os autores concluíram que o uso de um pino intra-radicular pode atuar reforçando a estrutura dental.

No ano de 1978, TRABERT; CAPUTO; ABOU-RASS mostravam-se preocupados com a pouca atenção dada à resistência à fratura de dentes que haviam sido tratados endodonticamente e restaurados. Realizaram, então, um estudo em que incisivos centrais superiores foram divididos em três grupos: o grupo 1 – controle – não recebeu tratamento; o grupo 2 foi tratado

endodonticamente e restaurado com resina composta e, no grupo 3, além do tratamento endodôntico, foram cimentados pinos paralelos de dois diâmetros diferentes e restaurados com resina composta. Os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de impacto, e os resultados mostraram que a preservação da estrutura dental interna e o uso de pinos de menor diâmetro proporcionaram às raízes maior resistência à fratura.

GUZY & NICHOLLS conduziram um estudo *in vitro* em 1979, comparando dentes tratados endodonticamente com e sem pinos intra-radulares, para verificar se estes reforçam as raízes contra fraturas. Incisivos centrais superiores e caninos superiores e inferiores com e sem pinos pré-fabricados cônicos de superfície lisa foram submetidos ao carregamento tangencial de compressão dirigido à face palatina, em uma angulação de 130° em relação ao longo eixo do dente. Os resultados indicaram que a instalação de um pino intra-canal em dentes tratados endodonticamente não aumentou significativamente a resistência à fratura desses dentes.

Em 1983, NAKAMICHI; IWAKU; FUSAYAMA avaliaram a possibilidade da utilização de dentes bovinos como substitutos de dentes humanos. Realizaram uma pesquisa comparando *in vitro* a força adesiva de cinco cimentos *duais* e duas resinas compostas em dentes humanos e bovinos. Embora os valores obtidos pelos dentes bovinos fossem ligeiramente inferiores, não se verificou diferença estatisticamente significativa. Dessa maneira, os autores concluíram que os dentes

bovinos podem ser utilizados como substitutos dos dentes humanos, uma vez que são mais fáceis de serem obtidos.

Em 1984, MUSIKANT & DEUTSCH publicaram um artigo destacando os pinos pré-fabricados, classificando-os em passivos ou ativos, de acordo com sua inserção no canal radicular em cônicos ou cilíndricos (paralelos). Salientaram, também, algumas desvantagens de cada sistema de pino, sendo os passivos cônicos menos retentivos e com distribuição irregular de tensões ao longo do dente. Já os pinos denominados passivos paralelos garantem aumento da retenção e distribuição de tensões mais uniformes, enquanto os pinos ativos paralelos são os mais retentivos, embora possam gerar tensões durante sua inserção. Citaram, ainda, a vantagem da existência de um sulco de escape para o cimento ao longo da haste do pino, possibilitando a redução da pressão hidrostática durante a cimentação, diminuindo o risco de fratura radicular.

SORENSEN & MARTINOFF, em 1984, propuseram um estudo para correlacionar pesquisas clínicas e laboratoriais que avaliaram 1273 dentes tratados endodonticamente e determinar o significado clínico do reforço através da instalação de um pino intra-radicular e de uma coroa protética. A posição do dente no arco também foi avaliada. Cerca de 6000 pacientes foram examinados, e todos os dentes tratados endodonticamente foram classificados de acordo com suas posições no arco: anteriores superiores, pré-molares superiores, molares superiores, anteriores inferiores, pré-molares inferiores e molares inferiores. Os dentes observados que possuíam *onlays* ou coroas protéticas foram classificados

como dentes com cobertura coronária. Já os que possuíam restaurações diretas foram denominados dentes sem cobertura coronária. Da mesma maneira, foram categorizados os dentes com ou sem reforço intra-radicular. Todos os tratamentos foram verificados radiograficamente. Concluíram que não houve aumento significativo da resistência à fratura ou deslocamento, quando os dentes dos seis diferentes grupos anatômicos possuíam reforço intracoronário. A colocação de pinos e coroas não afetou significativamente o índice de sucesso clínico para dentes anteriores superiores e inferiores. Já para os dentes posteriores superiores e inferiores, o índice de sucesso clínico foi significativamente melhorado com a cobertura coronária.

Ainda em 1984, TRABERT & COONEY descreveram técnicas e conceitos para a restauração de dentes tratados endodonticamente, afirmando que, em situações nas quais duas ou mais paredes adjacentes estejam destruídas, o uso de um sistema de retenção intra-radicular deve ser considerado. Discutiram, também, os tipos de meios auxiliares de retenção disponíveis ao cirurgião-dentista, como os núcleos metálicos fundidos, os quais reproduzem a anatomia do canal preparado, e os pinos pré-fabricados, encontrados em grande variedade de materiais, formato e desenho de superfície.

No ano de 1985, TROPE; MALTZ; TRONSTAD compararam oito métodos de restauração de dentes tratados endodonticamente. A partir de 64 incisivos superiores, foram delineados oito grupos experimentais: G1 - preenchimento da cavidade de acesso endodôntico com compósito resinoso autopolimerizável; G2 –

repetição do procedimento do grupo anterior após aplicação de ácido fosfórico; G3 – remoção de material obturador do canal radicular 10,0mm abaixo da junção cimento-esmalte, aplicação de ácido fosfórico, e preenchimento do canal radicular e da cavidade de acesso com resina autopolimerizável; G4 – realização de um preparo intra-radicular e preenchimento apenas da cavidade de acesso com resina composta autopolimerizável, mantendo o canal vazio; G5 – realização de um preparo intra-radicular e preenchimento do canal e da cavidade de acesso com resina composta autopolimerizável, porém sem condicionamento ácido; G6 – preparação do canal radicular para inserção de um pino pré-fabricado, cimentação deste com fosfato de zinco e restauração da cavidade de acesso; G7 – após preparo para o pino, realizou-se o condicionamento ácido e preenchimento do canal radicular e da cavidade de acesso com resina autopolimerizável; G8 - repetição dos procedimentos do grupo 6, sendo o pino cimentado neste grupo com o compósito resinoso. Todos os dentes foram submetidos a uma força compressiva em um ângulo de 50° em relação a seus longos eixos, até o momento da fratura. Os pesquisadores verificaram que todos os dentes fraturaram de uma maneira similar, independente do tratamento realizado. Concluíram que a preparação do canal para a cimentação de um pino enfraquece o dente e que os pinos não aumentam a resistência à fratura dos dentes. Em tempo, observaram que o preenchimento do canal radicular com compósito resinoso aumentou significativamente a resistência à fratura, quando comparado com as demais técnicas.

Já no ano de 1987, CAPUTO & HOKAMA avaliaram em seu estudo a indução de estresse e propriedades de retenção de um pino metálico rosqueável em dentina. A indução de tensões foi mensurada através de um modelo fotoelástico durante a instalação desses pinos e também após a cimentação, mediante aplicação de força compressiva ao longo de seu eixo e em um ângulo de 25 graus. Já a retenção desses pinos foi verificada através do teste de tração. Os resultados deste estudo mostraram que a indução de estresse durante a instalação foi mínima, salientando-se a importância da técnica da meia volta durante o rosqueamento dos pinos para diminuir a indução de tensões no interior da raiz. Concluíram também, que quando corretamente instalados, os pinos podem transmitir as forças uniformemente e que a capacidade retentiva de um pino está relacionada com seu diâmetro e profundidade de cimentação.

O estudo *in vitro* realizado por SORENSEN & ENGELMAN, em 1990, teve como objetivo determinar o efeito de diferentes pinos intra-radiculares e da adaptação destes no canal radicular sobre a resistência à fratura de dentes humanos desvitalizados. Para isso, foram selecionados quarenta incisivos centrais superiores, os quais foram tratados endodonticamente e divididos em quatro grupos experimentais: nos grupos 1, 2 e 3, as raízes foram desgastadas internamente, criando uma cavidade em forma de funil e deixando apenas 10,0mm de estrutura dental remanescente na porção cervical da raiz. As raízes do grupo 4 receberam preparo do canal conservando-se toda a estrutura dental. Após a confecção dos preparos nas raízes do grupo 1, foram cimentados pinos pré-

fabricados paralelos serrilhados. O grupo 2 recebeu núcleos metálicos fundidos através da fundição de padrões de resina acrílica que reproduziram fielmente o preparo. Para o terceiro grupo, foi acrescentada resina acrílica aos pinos pré-fabricados, que se estendeu até 2,0mm no interior do canal; após fundição, esses pinos foram cimentados nas raízes. O quarto grupo recebeu os pinos pré-fabricados totalmente adaptados às paredes do canal radicular. Após serem incluídas em resina acrílica, as raízes foram submetidas ao ensaio de carregamento tangencial de compressão em um ângulo de 130° em relação ao longo eixo do dente até a fratura. Os resultados mostraram que uma perfeita adaptação entre o pino cônico e a parede dentinária (Grupos 2 e 4) aumentou significativamente o limiar de fratura desses dentes. Dessa maneira, concluíram que pinos paralelos, os quais envolvem menor remoção de estrutura dentinária sadia, apresentaram menor índice de fratura. Já com os pinos cônicos, houve um maior número de fraturas catastróficas, envolvendo grande quantidade de estrutura dental em direção apical e lingual.

No ano de 1992, BEX *et al.* conduziram um estudo *in vitro* para avaliar a resistência à fratura de dois diferentes protocolos restauradores indicados para dentes tratados endodonticamente. Vinte e quatro dentes anteriores humanos foram selecionados para o estudo e tiveram seus canais radiculares tratados. Após esse procedimento, metade dos corpos-de-prova recebeu núcleos metálicos fundidos e os demais dentes tiveram seus canais radiculares tratados de acordo com o protocolo descrito por Bowen *et al.* e preenchidos com resina composta.

Todos os corpos-de-prova foram testados quanto à resistência à compressão, aplicando-se força a 1,0mm/min, contactando os corpos-de-prova 2,0mm abaixo da interface entre o dente e o núcleo coronário. A análise estatística dos resultados encontrados mostrou que os dentes restaurados com pinos de resina composta obtiveram menores valores de resistência à fratura em relação aos núcleos metálicos fundidos. No entanto, os autores salientaram que nenhum dos corpos-de-prova restaurados com resina composta causou fraturas radiculares, enquanto foram observados 75% de fraturas verticais nos dentes restaurados com núcleos metálicos fundidos.

BURGESS; SUMMIT; ROBBINS, em 1992, mediram a resistência à tração, torção e compressão de quatro diferentes pinos intra-radulares. Para o primeiro teste, avaliou-se a retenção dos pinos a uma velocidade de 5,0mm/min. No teste de torção, aplicou-se uma força constante no sentido horário em uma máquina de ensaio Instron, até o momento da ruptura do pino. E, no teste de compressão, os corpos-de-prova foram posicionados em um ângulo de 45° com relação à ponta compressora, a partir da qual se aplicou a carga a uma velocidade de 5,0mm/min. Concluíram que os pinos rosqueáveis no canal radicular possuem maior resistência à tração quando comparados aos pinos passivos.

Também no ano de 1992, GUTMANN destacou em seu artigo a importância do conhecimento da anatomia e biologia da dentina radicular para a realização de procedimentos endodônticos e restauradores. O autor afirmou que a dentina de dentes tratados endodonticamente sofre alterações estruturais,

tornando-se mais enfraquecida e menos flexível. Além disso, a instrumentação endodôntica, associada ao preparo intra-radicular para instalação de pinos ou núcleos intra-radiculares, desgasta e debilita o remanescente dental, tornando-o mais susceptível à fraturas.

Ainda nesse mesmo ano, HUANG; SCHILDER; NATAHNSON verificaram a existência de diferenças entre as propriedades mecânicas de dentes vitalizados e dentes tratados endodonticamente. Para isso, contaram com 54 dentes humanos recém-extraídos e com polpa presente e 24 dentes humanos despulpados. Esses corpos-de-prova foram, então, submetidos a diferentes condições experimentais: umedecimento, secagem com ar, desidratação e reidratação. Após isso, aplicou-se o teste de compressão, tração e impacto, verificando-se que os dentes tratados endodonticamente não possuíram comportamento inferior ao teste de compressão e tração após serem desidratados, o que contraria vários estudos. No entanto, os autores salientaram que as propriedades físicas desses dentes podem não ser as mesmas dos dentes vitais.

SIVERS & JOHNSON, em 1992, em uma revisão de literatura, avaliaram os critérios utilizados para o diagnóstico e tratamento de dentes tratados endodonticamente. Segundo esses pesquisadores, a extensão da destruição coronária constitui-se em um importante fator na seleção das técnicas restauradoras e materiais a serem utilizados durante a reabilitação da forma e função do dente. Citam, ainda, que pinos intra-radiculares devem ser usados com o objetivo de se promover retenção a um núcleo coronário e que o prognóstico do

tratamento está diretamente ligado ao sucesso do tratamento endodôntico, à presença de suporte periodontal sadio e à realização de uma adequada restauração.

A resistência à fratura de pré-molares inferiores antes e depois da realização de procedimentos endodônticos e restauradores foi o objetivo do estudo conduzido por SORNKUL & STANNARD, em 1992. Os 141 dentes obtidos foram divididos em sete grupos. O grupo 1 foi definido como controle, sem nenhum tratamento. As demais raízes receberam tratamento endodôntico e, na região coronária dessas raízes foram confeccionados preparos com profundidade de 5,0mm, com 3,0mm de abertura vestibulo-lingual e 2,0mm méso-distal, ficando com um formato de um funil. No grupo 2 foi utilizado um compósito resinoso autopolimerizável para preencher todo o preparo. Para o grupo 3, foi feita irrigação do preparo, secagem, aplicação de um agente adesivo e preenchimento com resina composta autopolimerizável. No grupo seguinte foi realizado um preparo intra-radicular de 5,0mm de profundidade para a colocação de um pino pré-fabricado. Esse preparo recebeu o mesmo tratamento do grupo anterior e, após a inserção do pino, a parte coronária do preparo foi preenchida com resina composta. Nos dentes do grupo 5, realizou-se o mesmo preparo intra-radicular, seguido da confecção de núcleos fundidos cimentados com fosfato de zinco. No grupo 6, foram executados preparos similares aos dos grupos 4 e 5, sem que as raízes recebessem tratamentos posteriores. Finalmente, para o grupo 7, foram feitos “dentes” de resina composta autopolimerizável através de um molde de um

dente preparado. Todos os corpos-de-prova foram submetidos ao carregamento axial de compressão e ao cisalhamento. O grupo controle mostrou os maiores valores de resistência à fratura, enquanto o grupo 6 apresentou a menor resistência. Dessa maneira, concluíram que a quantidade de estrutura dental remanescente associado à resistência do pino e do núcleo e a adesão entre o material utilizado para confecção do núcleo coronário e a dentina constituem fatores preponderantes na resistência à fratura. Afirmaram, ainda, que materiais adesivos podem melhorar a resistência à fratura de raízes, possibilitando a preservação de estruturas dentais remanescentes.

THORSTEINSSON; YAMAN; CRAIG, em 1992, avaliaram, através de uma análise fotoelástica, o estresse induzido por quatro marcas de pinos pré-fabricados. Foram testados três tipos de pinos rosqueáveis e um não-rosqueável, avaliando-se o estresse induzido durante a instalação e sob aplicação de 30 libras de carga, verticalmente e em uma inclinação de 26 graus. A análise fotoelástica demonstrou que o estresse induzido, tanto na instalação, quanto sob aplicação de carga estava diretamente ligado à superfície de contato entre o pino e o modelo fotoelástico produzido. Concluíram também que os pinos rosqueáveis concentram estresse principalmente sob as retenções coronárias e nas roscas da porção radicular.

Em 1993, ASSIF *et al.* pesquisaram o efeito da forma dos pinos intraradiculares sobre a resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente. Quarenta e um pré-molares monoradiculares foram divididos em quatro grupos

que receberam diferentes tratamentos: grupo 1 – raízes com núcleos metálicos fundidos convencionais, de formato cônico; grupo 2 – raízes com pinos cilíndricos (paralelos); grupo 3 – raízes com pinos cilíndricos de extremidade cônica e grupo 4 – raízes sem pinos intra-radulares. Após a cimentação de coroas protéticas sobre todos os pinos e núcleos, todas as raízes foram submetidas ao carregamento tangencial de compressão dirigido em um ângulo de 30° em relação ao longo eixo das raízes, até ocorrerem fraturas. Os resultados mostraram que a forma do pino não influenciou a resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente. Assim, indicaram que a seleção de um núcleo ou pino intracanal deve ser baseada no sistema que preserva a maior quantidade de estrutura dental e possibilita adequada retenção à restauração. Ressaltaram que, se a coroa natural é suficientemente preservada, podendo promover retenção do material restaurador, a instalação de sistemas de retenção intra-radulares é desnecessária.

Devido às dificuldades relacionadas à realização de estudos *in vivo* avaliando a eficiência de pinos e núcleos intra-radulares, HUYSMANS *et al.*, em 1993, realizaram um estudo *in vitro* em que se avaliou a influência da aplicação de repetidos ciclos de carga nas restaurações de dentes tratados endodonticamente. Um total de 87 pré-molares foi restaurado com pinos pré-fabricados metálicos. Esses dentes foram, então, divididos em dois grupos, recebendo núcleos coronários em amálgama ou em resina composta. Os dentes foram então submetidos à ciclagem mecânica em uma angulação de 45° em relação ao longo

eixo dos corpos-de-prova, a uma frequência de 5Hz. Os resultados encontrados foram divididos em três grupos de acordo com o número de ciclos necessários para que a fratura fosse evidenciada: curto ( $< 10^4$  ciclos), intermediário (entre  $10^4$  e  $10^5$  ciclos) e longo ( $> 10^5$  ciclos). Concluíram que, para a obtenção de maior grau de confiabilidade dos resultados de estudos *in vitro*, devem-se realizar pelo menos  $10^5$  ciclos e que o uso do amálgama para a confecção de núcleos sobre o pino intra-radicular pode aumentar o risco de fratura radicular.

Em mais uma revisão de literatura, discutindo a utilização de pinos intra-radulares na restauração de dentes tratados endodonticamente, MORGANO & MILOT, em 1993, afirmaram que, apesar desse assunto ser muito abordado na literatura, há poucos estudos *in vivo* e que certas informações são contraditórias. Discutiram, ainda, as indicações de núcleos e pinos, os procedimentos clínicos e laboratoriais e os fatores que podem levar ao fracasso do tratamento.

Em 1994, ASSIF & GORFIL relataram alguns aspectos relacionados à restauração de dentes tratados endodonticamente, fazendo uma análise precisa de problemas como a quantidade de estrutura sadia remanescente e a habilidade do dente em resistir às forças intra-orais. Os autores concluíram que um aumento no comprimento e diâmetro intra-radicular, com o objetivo de se aumentar a retenção, compromete o prognóstico de dente restaurado, uma vez que, quanto maior for a quantidade de estrutura dental sadia removida, a resistência a forças oclusais será diminuída, aumentando o risco de fraturas. Dessa maneira, sugerem

a utilização de pinos intra-radiculares como meio de retenção à coroa protética somente nos casos em que não houver estrutura coronária remanescente.

De acordo com LUI, no ano de 1994, os compósitos resinosos têm sido indicados para a reconstrução e reforço de dentes tratados endodonticamente debilitados com canais alargados. Afirmou que as resinas fotopolimerizáveis possuem maior tempo de trabalho, indicando a utilização de pinos plásticos que transmitem luz para o interior da raiz com o intuito de se polimerizar as partes mais profundas do canal. Exemplificou a técnica relatando um caso clínico no qual a raiz de um incisivo central superior apresentava grande alargamento da porção cervical da raiz devido à cárie. O pino plástico fototransmissor foi posicionado no interior do canal, e a resina composta foi inserida ao seu redor com uma seringa. A ponta do aparelho fotopolimerizador foi apoiada no pino, permitindo a transmissão de luz e polimerização da resina até a área mais profunda. Concluiu que o uso de tais pinos, associados aos materiais adesivos, consiste em uma técnica de reabilitação conservadora para a restauração de dentes amplamente destruídos.

LIBMAN & NICHOLLS realizaram um estudo, em 1995, avaliando a resistência à fadiga de incisivos centrais restaurados com núcleos metálicos fundidos e coroas totais, variando o comprimento do preparo do término cervical (0,5mm, 1,0mm, 1,5mm e 2,0mm). O grupo controle não possuía núcleo metálico fundido. Após a aplicação de 4,0kg de carga em uma angulação de 135° em relação ao longo eixo do dente, a uma velocidade de 72 ciclos por minuto,

verificaram o número de ciclos necessário para que ficasse evidenciada uma fratura primária (perda da linha de cimentação entre a coroa e o núcleo). Os autores concluíram que os dentes preparados com 0,5mm e 1,0mm apresentaram falhas em um número de ciclos significativamente menor do que os demais grupos experimentais.

A fim de avaliar o comportamento de diferentes sistemas adesivos quanto à microinfiltração, REEVES *et al.*, em 1995, compararam a utilização de dentes humanos e bovinos. Sessenta preparos cavitários tipo Classe V foram realizados na junção cimento-esmalte, sendo trinta em dentes humanos e trinta em dentes bovinos. Após a realização dos testes e análise estatística, os autores observaram que nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre as duas espécies de dentes. Dessa maneira, os autores indicam os dentes bovinos como substitutos dos dentes humanos para a realização de pesquisas laboratoriais.

Em 1996, ISIDOR; ÖDMAN; BRONDUM avaliaram a resistência à fratura de dentes bovinos restaurados com pinos de fibra de carbono. Para isso, quatorze raízes de dentes bovinos, com dimensões similares, foram preparadas para receber pinos pré-fabricados de fibra de carbono, os quais foram cimentados com um cimento resinoso. Sobre cada núcleo de preenchimento confeccionado em resina composta, foi cimentada uma coroa metálica que apresentava, em sua superfície oclusal, um ângulo de 45 graus com o longo eixo do dente. As amostras foram testadas aplicando-se uma carga intermitente de 250N perpendicular à

superfície oclusal de cada coroa, a uma frequência de 2 ciclos por segundo. Os dois primeiros corpos-de-prova não sofreram danos evidentes após 1.000.000 de ciclos. Assim, para os demais corpos-de-prova, decidiram submeter as amostras a, aproximadamente, 260.000 ciclos. Nenhum corpo-de-prova sofreu falha (fratura do pino e/ou raiz ou perda de retenção da coroa e/ou pino), embora uma fratura longitudinal incompleta pudesse ser macroscopicamente observada em quatro raízes. Concluíram que, diante do aumento do uso de pinos de fibra de carbono, são necessários mais estudos avaliando sua eficácia clínica.

KAHN *et al.*, em 1996, avaliaram a influência de pinos metálicos serrilhados com diferentes configurações de superfície na resistência à fratura. Foram comparados sessenta pré-molares monorradiculares, sendo que, em 45 dessas raízes, foram cimentados pinos pré-fabricados, após o tratamento endodôntico e preparo intra-radicular seguindo as normas de cada fabricante. Os três sistemas de pino possuíam diferentes formatos e configurações, sendo pinos com metade do comprimento da haste paralela com roscas e com a metade apical cônica lisa (Grupo 1); paralelos com roscas em todo seu comprimento (Grupo 2) e paralelos com roscas, extremidade cônica e haste fendida (Grupo 3). Os quinze dentes remanescentes atuaram como grupo controle, sendo apenas desobturados, mantendo-se 4,0mm de guta-percha no terço apical e preenchidos com amálgama. Os corpos-de-prova foram, então, termociclados, incluídos e posicionados em Máquina de Ensaio Instron para o teste de resistência à fratura. Aplicou-se carga compressiva na cúspide vestibular em um ângulo de 45° em

relação ao longo eixo do dente, até o momento da evidência de fratura. Os resultados mostraram que os pinos rosqueados no canal radicular, com núcleos de amálgama e coroas metálicas cimentadas, não contribuíram para a redução de fraturas radiculares. A partir disso, os autores concluíram que os diferentes formatos dos pinos pré-fabricados não provocaram ou reduziram a incidência de fratura radicular de dentes tratados endodonticamente.

Ainda em 1996, PURTON & LOVE avaliaram dois dos principais requisitos de um pino intra-radicular, que são rigidez e retenção, em pinos metálicos serrilhados e pinos de fibra de carbono de superfície lisa. Dez pinos de cada tipo foram selecionados para a realização do teste dos três pontos, com o intuito de avaliar-se a rigidez de cada pino. Outros dez pinos de cada tipo foram cimentados em dentes humanos monorradiculares tratados endodonticamente e submetidos ao teste de tração vertical em uma Máquina de Ensaio Instron, a uma velocidade de 5,0mm/min. Os resultados indicaram superioridade para os pinos metálicos serrilhados, tanto no teste de rigidez quanto no teste de retenção.

Também em 1996, PURTON & PAYNE compararam pinos de fibra de carbono e pinos metálicos quanto à rigidez e resistência à tração. Através do teste dos três pontos, avaliaram o módulo de elasticidade dos pinos. Para avaliar a força de adesão entre a superfície do pino e núcleos de resina composta, foram confeccionados núcleos cilíndricos de resina composta nas duas extremidades de cada pino. Esses conjuntos foram levados à máquina de ensaio e submetidos à tração a uma velocidade de 10,0mm/min até o momento da fratura. Os pinos de

fibra de carbono apresentaram maior módulo de elasticidade; entretanto, os pinos serrilhados apresentaram maior retenção à resina composta.

Nesse mesmo ano, TORBJÖRNER *et al.* avaliaram as propriedades mecânicas e citotóxicas de pinos pré-fabricados de fibra de carbono. Através do teste dos três pontos, avaliaram a resistência flexural desses pinos após estocagem em ambiente seco ou em água e após exposição dos pinos ou não à termociclagem. A citotoxicidade dos pinos foi avaliada através da avaliação de cultura de células em ágar, após estocagem seca ou em água. Os valores de resistência flexural diminuíram significativamente após estocagem em água e após termociclagem dos pinos, provavelmente devido a um processo de hidrólise da matriz orgânica desses pinos. Não foram verificados efeitos citotóxicos em nenhum dos pinos de fibra de carbono avaliados.

O reforço de raízes comprometidas devido à grande perda de estrutura dentinária também foi pesquisado por SAUPE; GLUSKIN; RADKE JR., em 1996. Quarenta dentes monorradiculares foram preparados internamente através da remoção de tecido dentinário para simular a extensa destruição coronária. Metade dos corpos-de-prova foi preenchida com resina composta; em seguida foi feito o preparo intra-radicular e a cimentação de núcleos metálicos fundidos com agente resinoso. As demais raízes debilitadas receberam apenas núcleos metálicos fundidos, abrangendo todo o diâmetro do canal, sendo também fixados com cimento resinoso. Após ensaio de resistência à fratura e análise dos dados obtidos, os autores verificaram que as raízes reconstruídas com resina composta

foram cerca de 50% mais resistentes à fratura que as raízes que possuíam apenas os núcleos metálicos preenchendo os canais.

No ano de 1997, LAMBJERG-HANSEN & ASMUSSEN fizeram uma avaliação de vinte e duas marcas comerciais de pinos intracanaís disponíveis no mercado. Foram avaliados os seguintes critérios: dureza (força necessária para se produzir uma deformação elástica de 0,1mm na superfície do pino), limite elástico (máxima carga que o pino pode suportar antes de se deformar permanentemente) e resistência à fratura (carga necessária para causar fratura do pino). Concluíram, através da análise dos dados obtidos, que as diferenças nas propriedades mecânicas de cada pino são decorrentes das diferenças na largura, formato e configuração de superfície existentes e que, no momento da seleção de um pino, os fatores dureza e limite elástico devem ser preponderantes e não apenas sua capacidade retentiva.

O objetivo do estudo *in vitro* conduzido por SIDOLI; KING; SETCHELL, em 1997, foi avaliar a resistência à fratura de diferentes sistemas de retenção intraradicular disponíveis no mercado odontológico. Para isso, foram selecionados 40 incisivos centrais e caninos humanos recém-extraídos, os quais foram divididos em quatro grupos experimentais. O Grupo 1 era constituído de dentes restaurados com pinos de fibra de carbono, Grupo 2 com pinos de aço inoxidável, Grupo 3 com núcleos metálicos fundidos e o Grupo 4 era considerado controle, sem nenhum retentor intra-radicular. Os dentes foram incluídos em resina acrílica e submetidos à aplicação de carga compressiva oblíqua em um ângulo de 130 graus em relação

ao solo, em uma Máquina de Ensaio Universal, a uma velocidade de 5,0cm/min. Os pinos de fibra de carbono apresentaram os menores valores de resistência à fratura, enquanto os dentes que não receberam nenhum preparo para pino foram significativamente mais resistentes ao carregamento tangencial.

Em 1998, ALBUQUERQUE; DUTRA; VASCONCELLOS descreveram, através de um caso clínico, as vantagens relacionadas aos pinos intra-radulares constituídos de fibra de carbono, no que diz respeito à adesão à estrutura dental e ao material de preenchimento, propriedades mecânicas, resistência à corrosão e fácil remoção do canal radicular, quando comparados com pinos pré-fabricados metálicos e núcleos metálicos fundidos.

Ainda em 1998, CHRISTENSEN conduziu alguns aspectos relacionados ao significativo crescimento dos tratamentos restauradores com pinos intra-radulares associados a núcleos de preenchimento em resina composta. Indicou o uso desses dispositivos para quando mais da metade da estrutura coronária de um dente tratado endodonticamente for perdida. Relatou, ainda, que tais sistemas de retenção intra-radulares são rápidos e facilmente instalados, resistentes, relativamente mais baratos e, em muitos casos, menos abusivos ao dente, quando comparados aos núcleos metálicos fundidos.

DEAN; JEANSONNE; SARKAR, em 1998, realizaram um estudo *in vitro* avaliando a influência dos procedimentos endodônticos e restauradores na resistência à fratura de caninos humanos, comparando com a resistência à fratura

de caninos sem coroa clínica e com três diferentes tipos de pinos intra-radiculares cimentados em suas raízes. Setenta caninos superiores foram selecionados e divididos em sete grupos experimentais. O grupo controle era formado por dez dentes, os quais receberam apenas preparo para coroa total. Três grupos receberam tratamento endodôntico, preparo para coroa total e tiveram a cavidade de acesso endodôntico restaurada. Nos três grupos restantes, foi realizado tratamento endodôntico e posterior remoção da coroa clínica, instalando-se um pino metálico cônico ou paralelo ou um pino de fibra de carbono e construção do núcleo de preenchimento em resina composta. Os corpos-de-prova foram, então, incluídos em resina epóxica e submetidos ao carregamento tangencial de compressão em uma angulação de 45°, a uma velocidade de 0,05 mm/min até o momento da ocorrência de fratura. A análise estatística realizada mostrou que os grupos experimentais que receberam pinos intra-radiculares tiveram menores valores de resistência à fratura, quando comparados aos dentes que não tiveram sua coroa clínica removida. Em relação aos diferentes tipos de pinos pré-fabricados utilizados, não houve diferença estatística entre eles, porém verificou-se que os pinos de fibra de carbono não promoveram nenhuma fratura radicular, enquanto cinco fraturas foram contabilizadas para cada um dos pinos paralelos e cônicos avaliados.

No mesmo ano, FRAGA *et al.* avaliaram, em seu estudo, a resistência ao cisalhamento de raízes tratadas endodonticamente restauradas por diferentes técnicas. Vinte e sete dentes monorradiculares foram selecionados e divididos em

dois grupos experimentais: G1 consistia em 14 raízes que receberam núcleos metálicos fundidos e o G2 era composto por 13 raízes com pinos pré-fabricados metálicos com núcleo coronário confeccionado em resina composta. O teste de resistência foi conduzido mediante aplicação de força no terço cervical de cada dente, a uma velocidade de 0,05mm/min, até o momento da fratura. Todas as raízes do grupo 1 fraturaram no terço cervical, enquanto todas as raízes do segundo grupo apresentaram fraturas no núcleo em resina composta. No entanto, a análise estatística mostrou maiores valores de resistência à fratura para as raízes restauradas com núcleos metálicos fundidos.

Com o objetivo de se analisar a longevidade de dentes restaurados com pinos intra-radulares de fibra de carbono, FREDRIKSSON *et al.*, em 1998, propuseram um estudo em que 236 pacientes de sete cirurgiões-dentistas suecos foram avaliados em um período de dois a três anos após conclusão do tratamento. Os 130 dentes maxilares e 106 mandibulares foram avaliados clínica e radiograficamente, verificando-se tecidos periodontais, sinais radiográficos e condições das restaurações protéticas. Os autores concluíram que os pinos de fibra de carbono comportaram-se de maneira satisfatória, não estando relacionados com nenhum caso de fratura radicular, reabsorção óssea ou fratura do próprio pino que pudesse ocasionar um insucesso do procedimento restaurador, constituindo-se, assim, em uma alternativa viável aos tradicionais sistemas de retenção intra-radulares.

O objetivo do estudo *in vitro* conduzido por MARTINEZ-INSUA *et al.*, em 1998, foi comparar a resistência à fratura de dois tipos de restauração: dentes restaurados com pinos pré-fabricados em fibra de carbono e núcleos metálicos fundidos. Quarenta e quatro pré-molares recém-extraídos foram divididos em dois grupos experimentais (n=22), variando o tipo de retentor intra-radicular instalado (pino pré-fabricado de fibra de carbono e núcleo metálico fundido). Uma coroa metálica foi cimentada sobre cada dente avaliado. O ensaio de resistência à fratura foi então realizado aplicando-se uma força em uma angulação de 45 graus com o longo eixo do dente, a uma velocidade constante de 1,0cm/min. Os núcleos metálicos fundidos apresentaram resistência à fratura significativamente maior que os pinos de fibra de carbono; entretanto, os núcleos metálicos fundidos apresentaram um padrão de fratura desfavorável em relação aos pinos de fibra de carbono, uma vez que os dentes restaurados com núcleos metálicos fundidos apresentavam fratura. Já os dentes restaurados com pinos de fibra de carbono apresentaram falha primeiramente na interface pino/núcleo de preenchimento antes de apresentar fratura no dente.

Já em 1999, ASMUSSEN; PEUTZFELDT; HEITMANN determinaram a dureza, elasticidade e resistência de pinos pré-fabricados encontrados no mercado odontológico. Pinos pré-fabricados de zircônio, titânio e de fibra de carbono foram incluídos em resina acrílica e sofreram um carregamento de compressão em um ângulo de 45°, a uma velocidade de 5,0mm/min. Através dos dados obtidos, os autores puderam concluir que cada pino investigado possuía diferentes

propriedades mecânicas, uma vez que os pinos de titânio eram tão resistentes quanto os de zircônio, apresentando no entanto menor dureza. Já os pinos de fibra de carbono apresentaram os menores valores nas três propriedades avaliadas.

A resistência à tração de pinos de fibra de carbono e pinos serrilhados de aço inoxidável submetidos ao ensaio de termociclagem e ciclagem mecânica foi avaliada por DRUMMOND; TOEPKE; KING, em 1999. Todos os grupos eram formados por terceiros molares cimentados com pinos de fibra de carbono ou metálicos. O primeiro grupo recebeu aplicação de 2.000 ciclos de carga mecânica que variavam de 10 a 20kg. O segundo grupo foi submetido a termociclagem, em 6.000 banhos de 5°C e 63°C. O terceiro grupo foi submetido aos dois ensaios e o último grupo serviu como controle, não recebendo nenhum ensaio térmico ou mecânico prévio. O teste de tração foi realizado a uma velocidade de 2,0mm/min, sendo que os valores de resistência à tração foram determinados pelo quociente obtido da divisão entre a área do pino cimentada no dente e a carga necessária para sua remoção. Não houve diferença estatística entre os pinos avaliados; no entanto, o ensaio de termociclagem teve um efeito significativo na diminuição da resistência flexural dos pinos de fibra de carbono e, a combinação de termociclagem e ciclagem mecânica se mostrou fatal para os pinos de fibra de carbono.

GATEAU; SABEK; DAILEY, em 1999, avaliaram a resistência mecânica de materiais para confecção de núcleos de preenchimento (amálgama de prata,

compósito resinoso e ionômero de vidro reforçado por prata), através do ensaio de ciclagem mecânica. Foram utilizados 75 dentes industrialmente fabricados, nos quais se instalaram pinos de titânio e realizou-se confecção dos núcleos de preenchimento com os diferentes materiais a serem avaliados (n=25). Foram cimentadas coroas totais sobre cada núcleo de preenchimento, e vinte corpos-de-prova de cada grupo foram submetidos a 1,5 milhões de ciclos de 400N em uma máquina que simula o processo mastigatório. Os cinco corpos-de-prova remanescentes serviram como controle. A análise do comportamento mecânico dos corpos-de-prova mostrou que o amálgama de prata comportou-se de maneira superior aos demais materiais.

No fim de 1999, MORGANO & BRACKETT publicaram uma extensa revisão de literatura a respeito de restaurações indiretas. Discutiram os propósitos das restaurações indiretas e, especialmente, as restaurações envolvendo dentes tratados endodonticamente. Citaram os diferentes métodos de confecção, assim como as vantagens e desvantagens dos núcleos metálicos fundidos. Citaram, também, os diferentes tipos de pinos pré-fabricados disponíveis no mercado, os quais diferem principalmente quanto ao formato, configuração de superfície e material constituinte. Sugeriram, ainda, a necessidade de mais estudos clínicos retrospectivos para se avaliar a real eficácia dessas restaurações.

O propósito do estudo realizado por REAGAN *et al.*, em 1999, foi de avaliar a resistência ao teste de fadiga de dois sistemas de pinos pré-fabricados metálicos e núcleos metálicos fundidos. Foram selecionados segundos pré-

molares inferiores humanos, os quais foram preparados para receberem pinos paralelos serrilhados ou rosqueáveis, além dos núcleos metálicos fundidos. Sobre cada pino, foram confeccionados núcleos de preenchimento em amálgama ou resina composta. O ensaio de fadiga foi realizado aplicando-se alternadamente carga nas superfícies vestibular e lingual de cada dente, a uma frequência de 4,66Hz, até que um movimento lateral de 63,5µm (falha inicial do cimento) pudesse ser detectado por um aparelho conectado ao núcleo de preenchimento. Os autores não verificaram presença de diferença estatística entre os grupos analisados, embora os grupos com núcleos de preenchimento construídos em resina composta tenham apresentado um alto número de ciclos até que se evidenciasse falha do sistema.

A revisão de literatura realizada por STOCKTON, em 1999, mostra uma grande divergência de opiniões com respeito ao uso de diferentes sistemas de pinos intra-radulares para restauração de dentes tratados endodonticamente. Foram discutidos fatores relacionados ao diâmetro, comprimento e desenho dos pinos, além dos agentes cimentantes e recomendações clínicas.

No início do ano de 2000, COHEN *et al.* verificaram a resistência à fadiga de cinco diferentes pinos intra-radulares pré-fabricados e quatro diferentes materiais utilizados para confecção de núcleos de preenchimento. Foram selecionados cem dentes monorradulares, os quais foram divididos em vinte grupos (n=5). Após cimentação dos pinos e confecção dos núcleos de

preenchimento, os corpos-de-prova foram submetidos a ciclos de 5 libras de carga, em uma angulação de 30 graus. Os ciclos foram realizados a uma velocidade de 3 ciclos/segundo até o momento da fratura, chegando a um máximo de 4 milhões de ciclos. Os autores puderam concluir que houve uma diferença estatisticamente significativa somente entre os materiais utilizados para confecção de núcleos de preenchimento, não havendo diferença quanto ao pino intra-radicular utilizado. Citaram também que a utilização de 4 milhões de ciclos seria equivalente a dez anos clínicos.

FERRARI; VICHI; GARCIA-GODOY, através de um estudo retrospectivo realizado em 2000, avaliaram um período de 4 anos pós-tratamento de pacientes tratados com núcleos metálicos fundidos e pinos pré-fabricados de fibra de carbono. Foram selecionados 200 pacientes, os quais foram divididos em dois grupos, de acordo com a instalação dos sistemas de retenção intra-radicular. Os pacientes foram reavaliados após 6 meses, 1, 2 e 4 anos, através de exames clínicos e radiográficos, verificando-se retenção da coroa protética, presença de cárie secundária e condições dos tecidos periapicais e periodontais. Os resultados desse estudo retrospectivo indicaram que os pinos intra-radulares constituídos de fibra de carbono comportaram-se de maneira superior aos núcleos metálicos fundidos após 4 anos da conclusão do tratamento.

Durante o mesmo ano de 2000, FERRARI *et al.* avaliaram a performance clínica de pinos pré-fabricados de fibra de carbono após 1 a 6 anos de conclusão dos casos. Através de análises clínicas e radiográficas, os autores avaliaram 1304

pinos, cimentados através de quatro combinações de agentes adesivos/cimento resinoso. Foram constatados 3,2% de falhas, devido a duas razões: falhas na cimentação e observação de lesões periapicais. Não foi verificada diferença estatística entre as quatro técnicas de cimentação utilizadas. Dessa maneira, os resultados desse estudo *in vivo* indicam o uso de pinos constituídos de fibras na clínica diária.

Devido à grande dificuldade em se restaurar dentes severamente debilitados sem suporte dentinário no terço cervical, MARCHI *et al.*, em 2001, avaliaram a resistência à fratura de raízes híginas e debilitadas, reconstruídas internamente com diferentes materiais de preenchimento associados a pinos intra-radiculares. Setenta e cinco raízes bovinas foram selecionadas, sendo que dessas, sessenta foram desgastadas internamente, simulando o processo de debilitação. Foram formados cinco grupos experimentais: GRUPO 1 - raiz hígida com pino pré-fabricado fixado com cimento resinoso; GRUPO 2 – raiz debilitada com pino pré-fabricado fixado com cimento resinoso; GRUPO 3 – raiz debilitada preenchida com cimento de ionômero de vidro modificado por resina associado ao pino intra-radicular; GRUPO 4 – raiz debilitada preenchida com resina composta modificada por poliácido e com posterior fixação do pino com cimento resinoso; GRUPO 5 - raiz debilitada preenchida com resina composta e com posterior fixação do pino com cimento resinoso. Após a realização do ensaio de resistência à fratura com aplicação de um carregamento tangencial de compressão em um ângulo de 135° em relação ao longo eixo da raiz e a uma velocidade de

0,05mm/min, os autores concluíram que as raízes hígdas apresentaram maior resistência à fratura que as raízes debilitadas. Observaram, também, que o ionômero de vidro modificado por resina apresentou maiores valores de resistência à fratura, porém, sendo diferente estatisticamente apenas das raízes preenchidas com cimento resinoso.

Com o objetivo de avaliar a resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente restaurados com diferentes sistemas de retenção intra-radicular após a aplicação de ciclagem mecânica, HEYDECKE *et al.*, em 2002, selecionaram 64 incisivos centrais superiores humanos, os quais foram tratados endodonticamente e divididos em quatro grupos: G1 = pinos de titânio associados a núcleos de preenchimento em resina composta fotopolimerizável; G2 = pinos de zircônia associados a núcleos de preenchimento em resina composta fotopolimerizável; G3 = pinos de zircônia associados a núcleos de preenchimento em cerâmica; G4 = núcleos metálicos fundidos em ouro. Após a cimentação dos pinos no interior do canal radicular com um cimento resinoso e instalação de coroas de cobertura total em cada dente, os corpos-de-prova foram submetidos a 1,2 milhões de ciclos de carga, a uma freqüência de 1,3Hz e 30N de carga em uma máquina simuladora do processo mastigatório. Simultaneamente ao ensaio de ciclagem mecânica, os corpos-de-prova foram expostos à termociclagem, em banhos de 5°C e 55°C durante um minuto cada, com intervalo de 12 segundos entre cada banho. Todos os corpos-de-prova que não fraturaram durante a ciclagem mecânica foram então carregados tangencialmente até a fratura em uma

Máquina de Ensaio Universal, a uma velocidade de 1,5mm/min, em uma angulação de 130° em relação ao longo eixo do dente. Os autores não verificaram diferença estatisticamente significativa nos valores de resistência à fratura entre todos os grupos. Porém, os grupos restaurados com pinos de zircônia apresentaram menor índice de fraturas radiculares catastróficas, sem apresentar diferença estatística com relação aos demais grupos.

### **3. PROPOSIÇÃO**

---

O propósito deste estudo foi avaliar *in vitro* a resistência à fratura por compressão tangencial de raízes de dentes bovinos com sistemas de retenção intra-radulares, após serem submetidas à aplicação de ciclagem mecânica.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAIS

Os pinos pré-fabricados, agente cimentante, sistema adesivo e resina composta empregados no estudo estão apresentados no QUADRO 1. As composições, número de lote e respectivos fabricantes de cada material encontram-se na seção de anexos, no QUADRO 4.

**QUADRO 1** - Marca comercial e classificação dos materiais utilizados no estudo.

MARCA COMERCIAL	CLASSIFICAÇÃO
<b>SINGLE BOND</b>	Sistema adesivo hidrófilo de frasco único fotopolimerizável
<b>RADIX-ANKER Nº 3</b>	Pino intra-radicular pré-fabricado de titânio
<b>ÆSTHETI-POST Nº 3</b>	Pino intra-radicular pré-fabricado de fibra de carbono revestido por resina
<b>FILTEK Z-250</b>	Resina composta fotopolimerizável
<b>RELY X</b>	Agente cimentante resinoso de dupla ativação

### 4.2 MÉTODOS

#### 4.2.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O fator em estudo foi “Sistemas de retenção intra-radicular”, em quatro níveis; a variável de resposta foi “Resistência à fratura por compressão”.

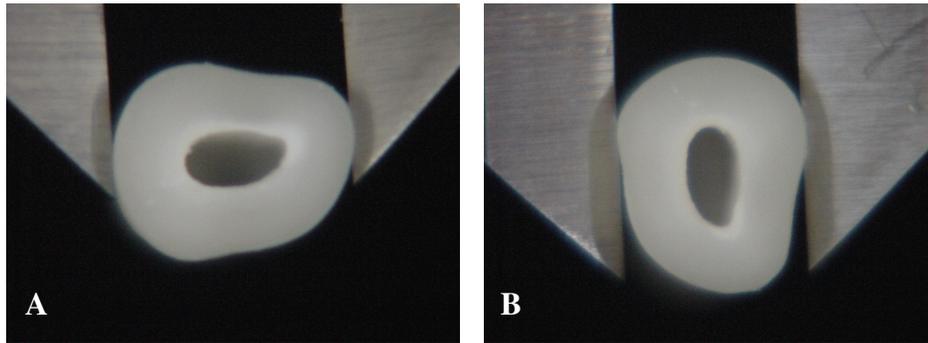
#### 4.2.2 SELEÇÃO DOS DENTES

Foram selecionados incisivos inferiores bovinos, mantidos em solução de formol a 2% (pH 7,0) após terem sido extraídos.

Os dentes foram raspados com curetas periodontais (*Dental Duflex S.A.*) e limpos com jatos de bicarbonato de sódio e água (*Profi II, Dabi Atlante S.A.Ind. e Com. Ltda.*). Após a limpeza, as raízes foram cortadas com discos diamantados dupla-face (*KG Sorensen Ind. e Com. Ltda*), sob refrigeração com *spray* ar/água, em um comprimento de 14,0mm a partir da porção apical de cada raiz, medida conferida através de paquímetro digital (*Mahr GmbH Esslingen*). Esse comprimento utilizado baseia-se no comprimento do pino metálico Radix-Anker, o qual é o único que possui comprimento pré-determinado fixo. Assim, como o pino Radix-Anker selecionado foi o de número 3, o qual possui 9,0mm de comprimento em sua porção radicular, foi respeitado o comprimento de 14,0mm para cada raiz, a fim de proporcionar a manutenção de 5,0mm apicais sem preparo, simulando o selamento apical de um tratamento endodôntico. Já os pinos de fibra de carbono utilizados no estudo eram passíveis de corte, determinando-se o comprimento desejado. A cada quinze dentes, foi feita a substituição do disco diamantado.

Foram selecionadas cinquenta e seis raízes com dimensões semelhantes, para que a quantidade de estrutura dental remanescente não interferisse nos resultados. Para isso, foram obtidas as medidas dos maiores

diâmetros vestibulo-lingual (V-L) e méso-distal (M-D), através do paquímetro (FIGs.1A E 1B).



**FIGURA 1** - Obtenção das medidas dos maiores diâmetros vestibulo-lingual (A) e méso-distal (B), através de um paquímetro digital.

Dessa maneira, para cada raiz estudada, foram obtidas duas medidas e, a partir desses valores, foi determinado um valor médio para cada uma das raízes:

$$\text{Valor médio} = \frac{(\text{V-L}) + (\text{M-D})}{2}$$

Assim, foram selecionadas apenas as raízes com valores iguais ou com diferença máxima de 0,25mm de média, sendo que as demais foram descartadas do experimento.

Após esses procedimentos, os elementos foram armazenados em solução fisiológica de cloreto de sódio a 0,9%.

#### **4.2.3 GRUPOS EXPERIMENTAIS**

As raízes selecionadas foram distribuídas em grupos distintos, aleatoriamente, através de um sorteio (QUADRO 5 - Anexos), de acordo com o tipo de dispositivo intra-radicular utilizado (FIG. 2).

Para este estudo, foram selecionados os pinos pré-fabricados metálico e de fibra de carbono de maior diâmetro (número 3), devido à grande amplitude da luz do canal radicular de dentes bovinos.

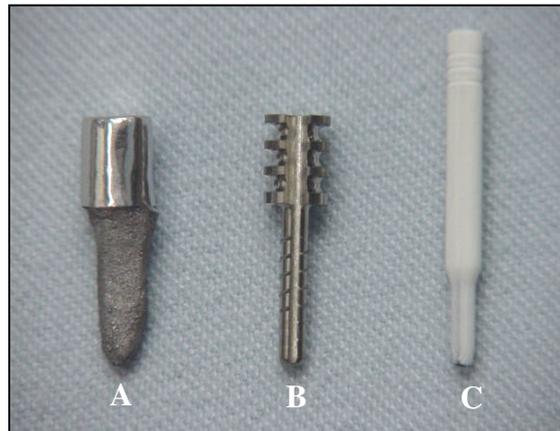
Dessa forma, foram formados quatro grupos experimentais, com quatorze amostras cada (n=14), apresentados a seguir:

Grupo A – raízes com núcleos metálicos fundidos;

Grupo B – raízes com pinos pré-fabricados metálicos;

Grupo C – raízes com pinos pré-fabricados de fibra de carbono;

Grupo D – raízes com núcleos de resina composta fotopolimerizável.



**FIGURA 2** - Núcleo metálico fundido (A) e pinos pré-fabricados Radix-Anker (B) e Æstheti-Post (C) utilizados no estudo.

#### 4.2.4 PREPARO DAS RAÍZES

##### 4.2.4.1 PREPAROS INTRA-RADICULARES PARA INSTALAÇÃO DE NÚCLEOS METÁLICOS FUNDIDOS E NÚCLEOS DE RESINA COMPOSTA

Foram realizados preparos intra-radiculares levemente expulsivos, utilizando-se de pontas diamantadas cônicas de extremidade plana nº 3070 (*KG Sorensen Ind. e Com. Ltda*), em baixa rotação (*Dabi Atlante S.A.Ind. e Com. Ltda.*) e sob refrigeração ar/água da seringa tríplice, até que fosse obtida a profundidade de 9,0mm, baseada no comprimento pré-determinado pela porção radicular do pino Radix-Anker. A substituição das pontas diamantadas foi realizada a cada cinco dentes.

#### 4.2.4.2 PREPAROS INTRA-RADICULARES PARA PINOS PRÉ-FABRICADOS

As demais raízes foram preparadas para receber os pinos pré-fabricados metálicos e de fibra de carbono, em baixa rotação, sob refrigeração ar/água, de acordo com as especificações dos fabricantes e com as brocas e dispositivos de cada sistema, respeitando a padronização dos preparos na profundidade de 9,0mm.

#### 4.2.5 CONFECÇÃO E FUNDIÇÃO DOS PADRÕES PARA OS NÚCLEOS METÁLICOS FUNDIDOS

A confecção dos padrões para os núcleos metálicos fundidos foi realizada em uma seqüência determinada por um sorteio prévio. Para a obtenção da porção radicular dos padrões, foi realizada a moldagem das paredes internas, previamente lubrificadas com vaselina sólida, utilizando-se de resina acrílica quimicamente ativada Duralay (*Reliance Dental, Mfg. Co.*).

Com o objetivo de se padronizar as dimensões da porção coronária dos padrões em relação às dos pinos pré-fabricados, foram tomadas as medidas da porção coronária do pino metálico Radix-Anker (5,0mm de altura e 3,0mm de largura), através de um paquímetro digital, uma vez que esse pino possui uma porção coronária mais proeminente.

De posse dessas medidas, foram confeccionadas as porções coronárias dos padrões dos núcleos metálicos fundidos, também em resina Duralay.

Aguardada a completa polimerização da resina, os excessos foram removidos e promoveu-se o acabamento dos padrões com pedras montadas.

Os padrões foram confeccionados no período da manhã e fundidos no mesmo dia à tarde. Foram fundidos cinco padrões de cada vez. Até o momento da inclusão, os núcleos de resina foram armazenados em recipiente de vidro com algodão umedecido evitando possíveis alterações dimensionais da resina acrílica.

A fundição foi realizada através da técnica de expansão térmica, utilizando-se de liga de prata-paládio Palliag M (*Degussa Dental Ltda.*) e revestimento refratário aglutinado por fosfato Heat-Shock (*Polidental*).

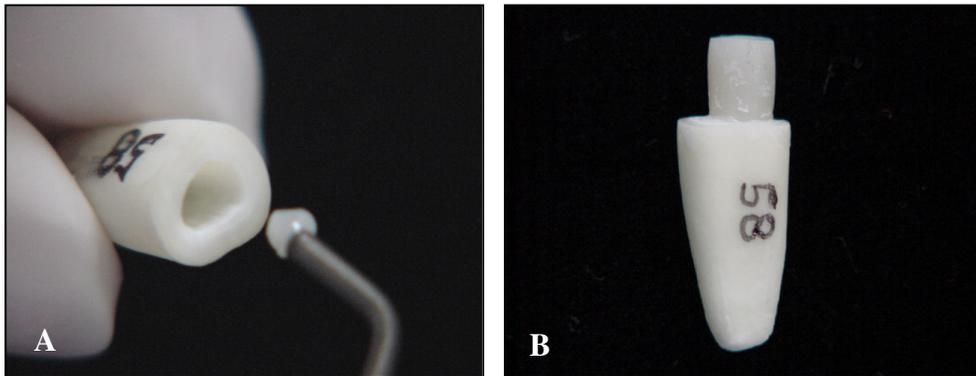
O acabamento e polimento dos núcleos metálicos fundidos foram realizados com pedras montadas, discos e pontas de borracha. A adaptação dos mesmos nas respectivas raízes foi aferida visualmente.

#### **4.2.6 CONFECÇÃO DE NÚCLEOS DE RESINA COMPOSTA PELA TÉCNICA DIRETA**

Para a realização dessa etapa do estudo, foi realizado mais um sorteio prévio a fim de se obter a seqüência para a confecção dos núcleos. Todas as raízes separadas para este grupo experimental foram tratadas da mesma maneira,

com relação à aplicação do sistema adesivo selecionado e confecção dos núcleos (FIG. 3), seguindo a ordem:

- I) aplicação da solução de ácido fosfórico 35% (*3M ESPE do Brasil*) no interior do canal radicular, durante quinze segundos, enxágüe durante dez segundos e remoção do excesso de umidade com pontas de papel absorvente;
- II) aplicação de duas camadas consecutivas do agente adesivo no interior do canal radicular com o uso de pontas descartáveis (“Microbrush”), leve jato de ar e fotoativação por dez segundos; feito isso, a resina composta foi inserida no canal radicular (FIG. 3A), em três incrementos distintos de, aproximadamente, 3,0mm cada, fotoativando durante oitenta segundos os incrementos “apical” e “mediano” e, por quarenta segundos, o incremento “cervical”;
- III) as porções coronárias desses núcleos também foram confeccionadas em resina composta fotopolimerizável (FIG. 3B), utilizando-se das mesmas medidas empregadas na confecção das porções coronárias dos núcleos metálicos fundidos (5,0mm de altura e 3,0mm de largura).



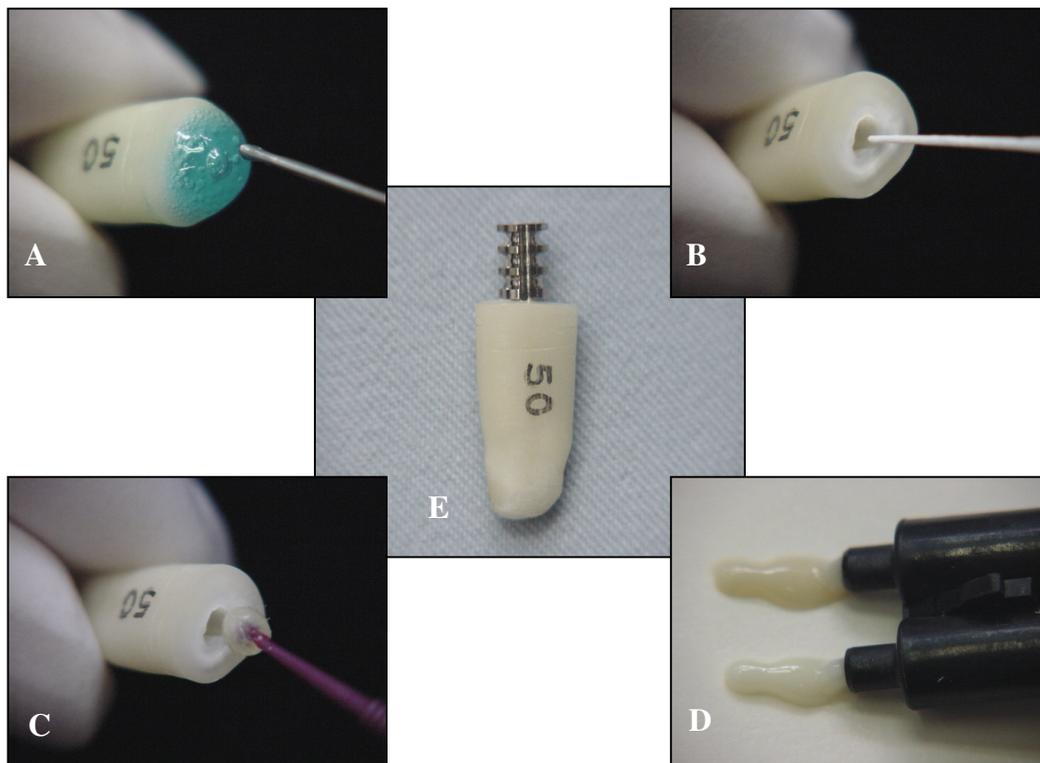
**FIGURA 3** - Confeção dos núcleos de resina composta pela técnica direta: (A) inserção de incrementos de resina composta fotopolimerizável no interior do canal radicular e (B) núcleo de resina composta concluído.

#### **4.2.7 CIMENTAÇÃO DOS NÚCLEOS METÁLICOS FUNDIDOS E DOS PINOS PRÉ-FABRICADOS**

Na cimentação dos núcleos metálicos fundidos e pinos pré-fabricados metálicos e de fibra de carbono foi utilizado um agente cimentante resinoso de dupla ativação de acordo com as especificações do fabricante, juntamente com o sistema adesivo selecionado.

Após lavagem do interior da raiz com *spray* ar/água, o mesmo foi secado com pontas de papel absorvente. Em seguida, aplicou-se solução de ácido fosfórico 35% no canal radicular (FIG. 4A), durante quinze segundos, realizou-se o enxágüe durante dez segundos e posterior secagem com pontas de papel absorvente (FIG. 4B). Foram aplicadas, então, duas camadas consecutivas do sistema adesivo no interior do canal radicular, com o auxílio de pontas

descartáveis - “Microbrush” – (FIG. 4C), aplicação de um leve jato de ar e fotopolimerização por dez segundos. Após a espatulação de quantidades iguais das pastas base e catalisadora do cimento (FIG. 4D), este foi levado ao canal radicular com o auxílio de uma sonda periodontal juntamente com o pino e, após remoção dos excessos (FIG. 4E), realizou-se a fotopolimerização do conjunto por 40 segundos em cada uma das faces vestibular, lingual, mesial e distal.



**FIGURA 4** - Seqüência dos procedimentos de cimentação: (A) condicionamento ácido do canal radicular por quinze segundos; (B) remoção do excesso de umidade do canal radicular com auxílio de cones de papel absorvente; (C) aplicação do sistema adesivo; (D) quantidades iguais das pastas base e catalisadora do cimento resinoso de dupla ativação; (E) aspecto final do pino pré-fabricado metálico Radix-Anker cimentado.

#### **4.2.8 CONFEÇÃO DOS “NÚCLEOS DE PREENCHIMENTO” SOBRE OS PINOS DE FIBRA DE CARBONO**

Para a confecção dos “núcleos de preenchimento” sobre os pinos de fibra de carbono foi utilizada resina composta fotopolimerizável ao redor da parte coronária dos pinos, fazendo com que esses tivessem as mesmas dimensões da porção coronária do pino metálico Radix-Anker, previamente obtidas com o uso de um paquímetro digital (5,0mm de altura e 3,0mm de largura).

#### **4.2.9 INCLUSÃO DAS RAÍZES**

Nessa etapa do estudo, as raízes foram incluídas em resina de poliestireno, no intuito de se possibilitar a realização dos ensaios de ciclagem mecânica e de carregamento tangencial de compressão, em um processo descrito a seguir.

Primeiramente, foi realizada uma demarcação em cada raiz, 3,0mm abaixo da margem cervical das mesmas. A seguir, de posse de uma película radiográfica, foi feita uma perfuração em seu centro. Os dentes foram, então, posicionados no interior da perfuração e fixados com cera nº 7 aquecida.

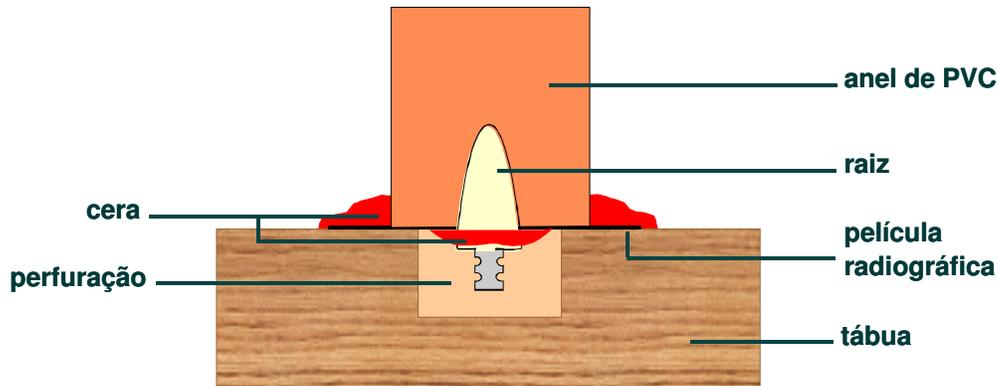
O procedimento descrito acima teve por objetivo principal manter uma parte da raiz não incluída na resina de poliestireno, simulando, dessa forma, os 3,0mm de raiz que não são contidos por osso alveolar em condições clínicas (distância biológica).

A seguir, os conjuntos dente / película radiográfica foram colocados sobre uma tábua com perfurações, sendo que cada raiz foi posicionada em uma perfuração, com a porção apical voltada para cima (FIGs. 5A, 5B e 6). A partir de um tubo de PVC (cloreto de polivinila) com 2,1cm de diâmetro interno, foram confeccionados anéis de 2,0cm de altura, os quais foram colocados sobre as películas radiográficas, de modo que as raízes ficassem centralizadas em seu interior. As margens desses anéis foram vedadas com cera aquecida, e a resina de poliestireno, vertida dentro deles.

Após a polimerização da resina, os corpos-de-prova foram removidos dos anéis, e as películas, retiradas dos dentes (FIG. 5C).



**FIGURA 5** - Raiz posicionada na perfuração de uma tábua com porção apical voltada para cima (A); anel de tubo de PVC fixado com cera sobre a película radiográfica, em cujo interior foi centralizada a raiz (B); corpo-de-prova obtido após polimerização da resina e remoção do anel de PVC (C).



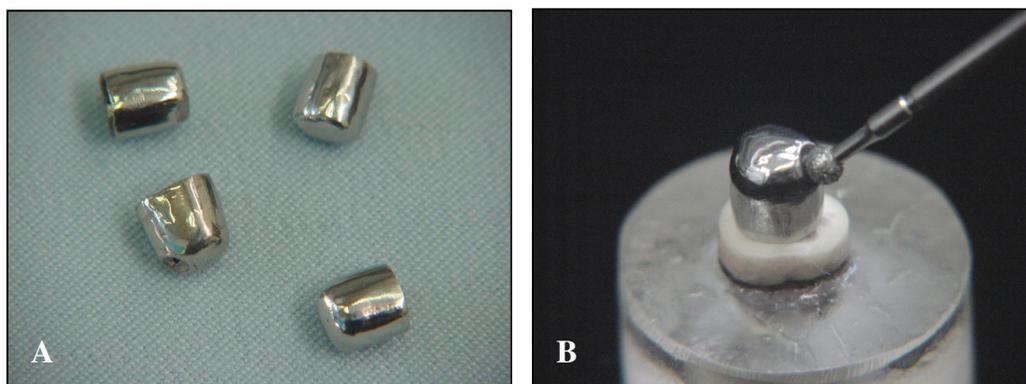
**FIGURA 6** - Esquema da raiz posicionada na perfuração de uma tábua, tendo sua porção apical voltada para cima. Notar o anel de PVC colocado sobre a película radiográfica e suas margens vedadas com cera, antes da inserção da resina de poliestireno.

#### 4.2.10 CONFECÇÃO DOS “NICHOS” E CASQUETES METÁLICOS

Com o intuito de se estabelecer uma superfície de apoio para a ponta compressora da Máquina de Ensaio Universal e da Máquina de Ciclagem Mecânica, além de evitar deformação da porção coronária dos sistemas de retenção intra-radicular, durante a realização dos ensaios, foram confeccionados casquetes metálicos para serem posicionados sobre as porções coronárias dos pinos pré-fabricados e núcleos de resina composta fotopolimerizável. (FIG. 7A).

Os padrões foram confeccionados em resina acrílica quimicamente ativada (Duralay) sobre a porção coronária de um pino Radix-Anker. Para isso, as reentrâncias do mesmo foram preenchidas com cera, evitando, dessa forma, a penetração de resina entre elas. Foram fundidos doze casquetes metálicos, sendo quatro casquetes para cada grupo experimental.

Na porção superior lingual de cada casquete, foi confeccionado um “nicho” - concavidade - (FIG. 7B), com ponta diamantada nº 3017 HL (*KG Sorensen Ind. e Com. Ltda.*), refrigerada a ar/água, em alta rotação (*Dabi Atlante S.A.Ind. e Com. Ltda.*), sobre a qual foi posicionada a ponta compressora nos ensaios de resistência à fratura e fadiga.



**FIGURA 7** – Casquetes metálicos (A) e preparo de um nicho sobre a superfície palatina de um núcleo metálico fundido (B).

Essas mesmas concavidades foram também realizadas diretamente na porção coronária dos núcleos metálicos fundidos, utilizando-se das mesmas pontas diamantadas, não sendo dessa maneira necessária a utilização de casquetes metálicos para esse grupo experimental.

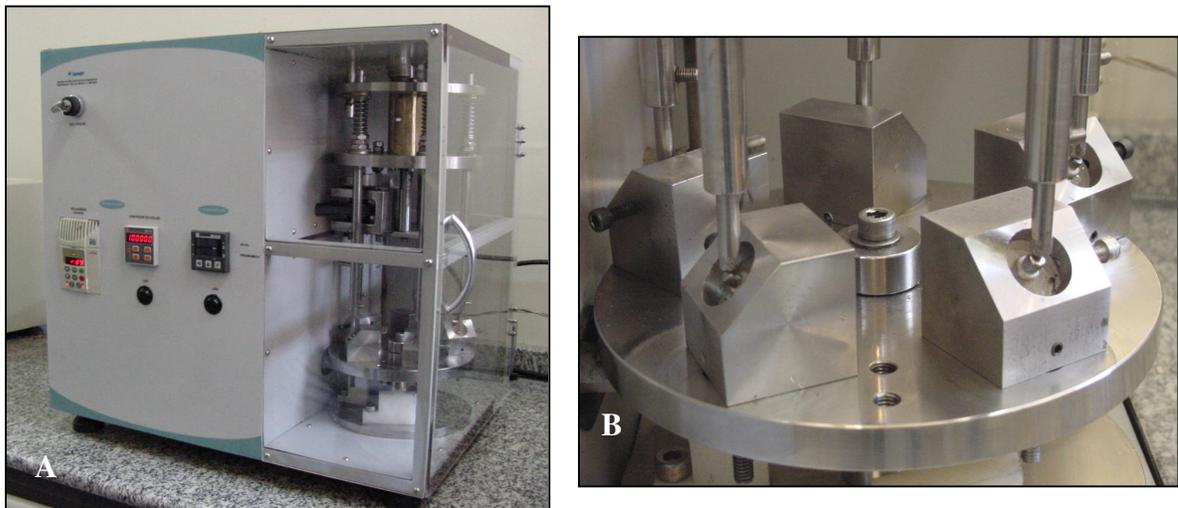
#### **4.2.11 ENSAIO DE CICLAGEM MECÂNICA**

Para a realização desse ensaio, foram confeccionados dispositivos metálicos de aço inoxidável com 4,0cm de altura, 4,0cm de largura e 4,0cm de profundidade contendo um plano inclinado de 45° em relação à base e, no centro

desse, uma cavidade cilíndrica de 2,0cm de profundidade e 2,1cm de diâmetro. O uso desse dispositivo metálico possibilitou a manutenção de uma uniformidade no posicionamento dos corpos-de-prova, permitindo a aplicação da carga, através da ponta compressora da Máquina de Ciclagem Mecânica, em um ângulo de  $135^\circ$  em relação ao longo eixo das raízes.

Essa angulação obtida com o uso do dispositivo metálico simula uma condição clínica real, em que o ângulo formado pela oclusão dos incisivos centrais superiores com os inferiores forma um ângulo de  $135,4^\circ$  (MOYERS, 1977).

Foram confeccionados cinco dispositivos em aço inoxidável, os quais foram posicionados na Máquina de Ciclagem Mecânica (FIGs. 8A e 8B), realizando-se a aplicação de 80N (8,0kgf) de carga aos corpos-de-prova, através da ponta compressora metálica, repetindo-se os ciclos, a uma frequência de 3,5Hz, alcançando-se 100.000 ciclos (FIGs. 9A e 9B).



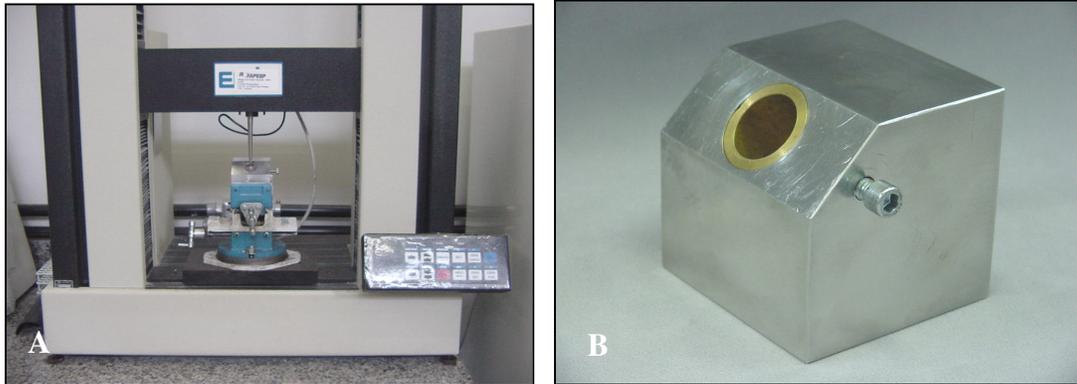
**FIGURA 8** – Máquina de Ciclagem Mecânica utilizada no estudo (A) e posicionamento dos corpos-de-prova com o auxílio dos dispositivos metálicos (B).



**FIGURA 9** – Visor digital da Máquina de Ciclagem Mecânica, indicando o número de ciclos (A) e a frequência (B) utilizadas no estudo.

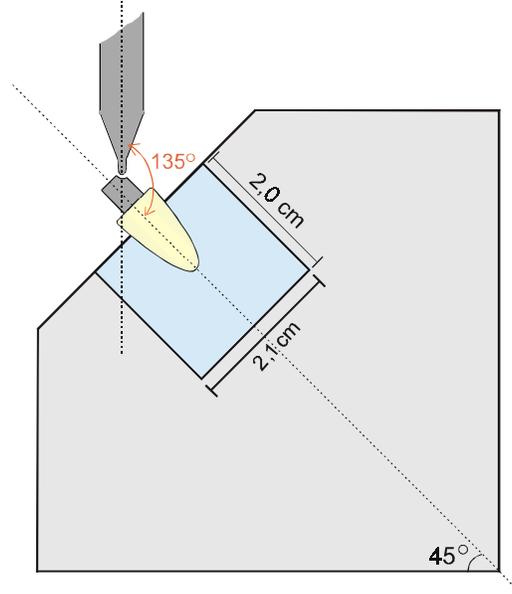
#### 4.2.12 CARREGAMENTO TANGENCIAL DE COMPRESSÃO

Para a realização do ensaio de resistência à fratura, os corpos-de-prova foram posicionados em um dispositivo metálico de aço inoxidável, de formato semelhante ao utilizado no ensaio de Ciclagem Mecânica, porém com dimensões maiores (7,0cm de altura, 7,0cm de largura e 7,0cm de profundidade). Esse dispositivo continha também um plano inclinado de 45° em relação à base e, no centro desse, uma cavidade cilíndrica de 2,0cm de profundidade e 2,1cm de diâmetro para posicionamento dos corpos-de-prova (FIGs.10A e 10B).



**FIGURA 10** – Máquina de Ensaio Universal utilizada no estudo (A) e dispositivo de aço inoxidável utilizado para posicionar os corpos-de-prova em ângulo de  $45^\circ$  em relação ao plano horizontal durante os ensaios de resistência à fratura das raízes (B).

O uso desse dispositivo metálico teve como objetivo possibilitar a manutenção de uma uniformidade no posicionamento dos corpos-de-prova, permitindo a aplicação da carga, através da ponta compressora da Máquina de Ensaio Universal (EMIC DL 500), em um ângulo de  $135^\circ$  em relação ao longo eixo das raízes (FIG.11).



**FIGURA 11** - Esquema do dispositivo metálico com corpo-de-prova posicionado em ângulo de  $45^\circ$  em relação ao plano horizontal, fazendo com que o carregamento tangencial de compressão fosse incidido em ângulo de  $135^\circ$  em relação ao longo eixo da raiz.

O ensaio de resistência à fratura foi realizado a uma velocidade de 0,5mm/min, até o momento em que a fratura do dente ou do sistema de retenção intra-radicular ficasse evidenciado.

#### 4.2.13 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os valores obtidos foram analisados estatisticamente empregando-se a Análise de Variância, com nível de significância de 5%. Para as comparações individuais, em que foi verificada diferença estatisticamente significativa, foi aplicado o teste Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

## 5. RESULTADOS

Os resultados do ensaio de compressão do teste de resistência à fratura de raízes estão apresentados no QUADRO 6, na seção de anexos. Nesse quadro estão demonstrados os valores, em quilograma-força (kgf), obtidos para cada corpo-de-prova.

O resultado da Análise de Variância, exposto no QUADRO 7 (Anexos) apresenta um F de 65,43 para o modelo estudado, significativo ao nível de 5%.

A fim de melhor se evidenciar diferenças estatisticamente significantes existentes entre os diferentes grupos experimentais, identificadas pela Análise de Variância, aplicou-se o teste Tukey ( $\alpha = 0,05$ ), cujos resultados são demonstrados nos QUADROS 2 e 3 e na FIG.12.

**QUADRO 2** - Resultados do teste Tukey a 5%, para o ensaio de resistência à fratura de raízes, apresentando as médias e os desvios padrões para cada grupo experimental.

RETENTORES INTRA-RADICULARES	MÉDIA (kgf)	DESVIO PADRÃO	
<b>NMF</b>	77,04	8,73	<b>a</b>
<b>RADIX-ANKER</b>	52,47	7,32	<b>b</b>
<b>ÆSTHETI-POST</b>	45,63	6,72	<b>b</b>

Letras distintas indicam diferença estatisticamente significante.

**QUADRO 3** - Resultados do teste Tukey a 5%, para o ensaio de resistência à fratura de raízes, apresentando o nível de significância entre as médias dos diferentes grupos.

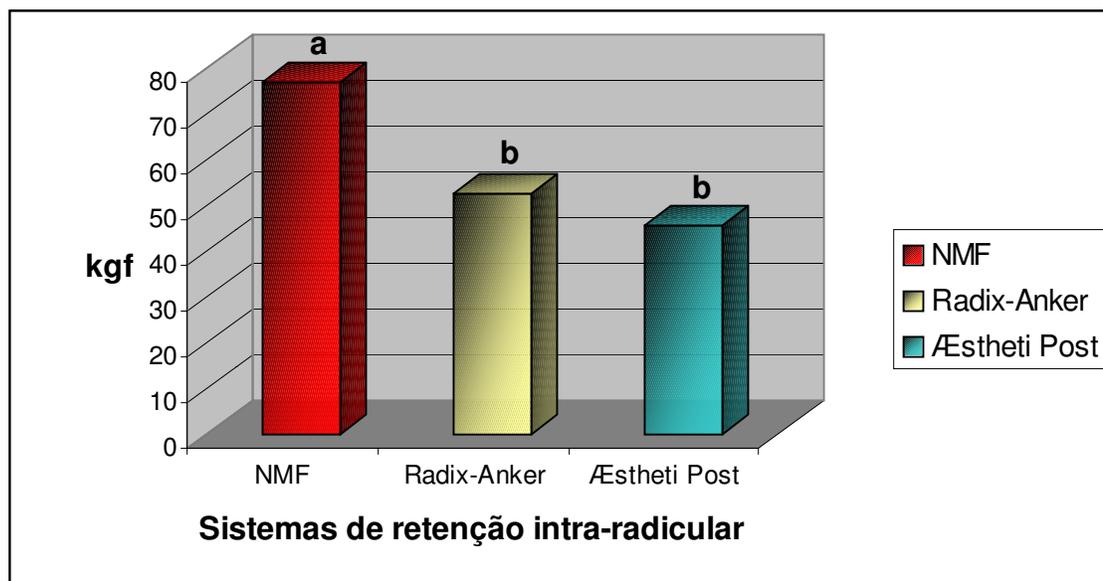
GRUPO	A	B	C
A	•	0,000123*	0,000123*
B	0,000123*	•	0,058049
C	0,000123*	0,058049	•

A - raízes com núcleos metálicos fundidos

B - raízes com pinos pré-fabricados metálicos Radix-Anker

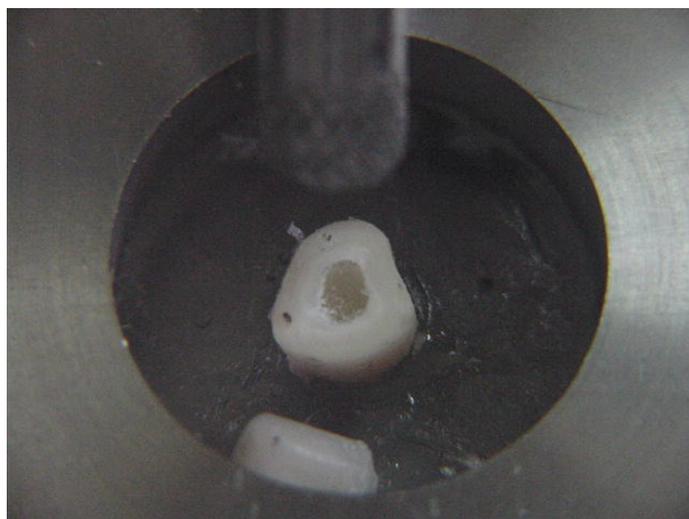
C - raízes com pinos pré-fabricados de fibra de carbono Æstheti-Post

\* diferença estatisticamente significativa.



**FIGURA 12** - Representação gráfica das médias de resistência à fratura de raízes, de acordo com os grupos experimentais .

De acordo com os QUADROS 2 e 3, e FIG. 12, que ilustram a análise estatística do teste Tukey, observa-se que houve diferença estatisticamente significativa entre as raízes restauradas com núcleos metálicos fundidos e as raízes com pinos pré-fabricados; entretanto, não foi observada diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre as raízes restauradas com pinos metálicos (Radix-Anker) e com pinos de fibra de carbono (Aestheti -Post). Já as raízes preenchidas com resina composta não puderam ser avaliadas quanto à resistência à fratura por compressão, pois todos os corpos-de-prova fraturaram durante a realização do ensaio prévio de ciclagem mecânica (FIG. 13), ao qual todos os grupos experimentais foram submetidos.



**FIGURA 13** – Fratura evidenciada em um núcleo de resina composta fotopolimerizável durante a realização do ensaio de ciclagem mecânica.

---

## 6. DISCUSSÃO

---

Uma grande parcela dos cirurgiões-dentistas encontra-se diante de um entrave quando precisa planejar o tratamento restaurador de dentes tratados endodonticamente com substancial perda de estrutura coronária (KAHN *et al.*, 1996). Essa debilidade atribuída aos dentes despolpados está intimamente associada à desidratação dos túbulos dentinários (GUTMANN, 1992; HUANG *et al.*, 1992; ASSIF & GORFIL, 1994), com conseqüente diminuição da elasticidade dentinária (GUTMANN *et al.*, 1992; HUANG *et al.*, 1992) e, especialmente, à perda de estrutura dental sadia devido à cárie, fratura, preparação e instrumentação do canal radicular (SORNKUL & STANNARD, 1992; DEAN *et al.*, 1998). Dessa maneira, as raízes tornam-se mais frágeis, tendo diminuída sua capacidade de suportar as cargas intra-orais e de resistir à fratura (GUTMANN *et al.*, 1992; HUANG *et al.*, 1992; SORNKUL & STANNARD, 1992; ASSIF & GORFIL, 1994).

Sendo a quantidade de tecido dental remanescente um fator determinante na resistência de dentes tratados endodonticamente (SORENSEN & MARTINOFF, 1984; TROPE *et al.*, 1985; ASSIF & GORFIL, 1994; STOCKTON, 1999), é válida a avaliação da utilização de pinos ou núcleos intra-radulares, uma vez que tais procedimentos normalmente envolvem remoção de tecido dental sadio para que se obtenha adequada adaptação desses dispositivos, resultando no enfraquecimento do dente (GUZY & NICHOLLS, 1979; SORENSEN & MARTINOFF, 1984; SORNKUL & STANNARD, 1992; DEAN, *et al.*, 1998). Sob esses aspectos, embora

alguns autores afirmem, através de seus estudos, que pinos atuam reforçando a estrutura radicular de dentes desvitalizados (KANTOR & PINES, 1977; TRABERT *et al.*, 1978) outros autores indicam tais meios auxiliares de retenção apenas quando não há tecido coronário suficiente para sustentar uma restauração (TROPE *et al.*, 1985; BURGESS *et al.*, 1992; SIVERS & JOHNSON, 1992; ASSIF *et al.*, 1993). De acordo com ASSIF & GORFIL (1994), a instalação de um pino em uma área considerada de força zero (canal radicular) contribui de maneira ínfima à absorção de forças, ou seja, não aumenta a resistência desses dentes à fratura.

Dessa forma, uma vez que a extensão da destruição coronária constitui um fator categórico na decisão do tratamento a ser empregado (SIVERS & JOHNSON, 1992), em situações em que apenas a estrutura radicular está presente, o emprego de sistemas de retenção intra-radicular, com o objetivo de se promover retenção e estabilidade para a coroa protética, é um procedimento clínico altamente indicado (PURTON & LOVE, 1996; HEYDECKE *et al.*, 2002).

A Odontologia tem passado por diversas evoluções nos últimos anos, sendo um dos principais objetivos do modelo atual a preservação do elemento dental. Assim, a obtenção de dentes humanos extraídos para a realização de pesquisas *in vitro* tem sido cada vez mais difícil (NAKAMICHI *et al.*, 1983). Esse problema fica ainda mais crítico, quando da necessidade da obtenção de dentes anteriores para realização do experimento, uma vez que, de um modo geral, são os menos extraídos. Por isso, na busca por um substituto para os dentes humanos, alguns autores compararam os dentes humanos aos dentes bovinos,

encontrando semelhança morfológica e histológica entre eles (NAKAMICHI *et al.*, 1983; REEVES *et al.*, 1995). Além disso, os dentes bovinos possuem maior disponibilidade e facilidade de preparação devido ao seu tamanho (REEVES *et al.*, 1995), sendo então o substrato escolhido para a realização deste estudo.

A utilização de um carregamento tangencial de compressão em um ângulo de  $130^{\circ}$  (GUZY & NICHOLLS, 1979; SORENSEN & ENGELMAN, 1990; SIDOLI *et al.*, 1997; HEYDECKE *et al.*, 2002) OU  $135^{\circ}$  (HUYSMANS *et al.*, 1993; SAUPE *et al.*, 1996; MARCHI *et al.*, 2001) em relação ao longo eixo da raiz constitui-se num ensaio experimental consagrado na avaliação da resistência à fratura de dentes anteriores superiores tratados endodonticamente, uma vez que há uma simulação das condições clínicas do meio intra-oral. De acordo com MOYERS (1977), o ângulo intercuspídeo, em uma relação oclusal entre os incisivos centrais superiores e inferiores é de  $135,4^{\circ}$  (ângulo interincisal). Dessa maneira, a angulação utilizada no carregamento tangencial de compressão das raízes bovinas foi de  $135^{\circ}$  em relação ao longo eixo da raiz.

Entretanto, as condições desses trabalhos *in vitro*, que se utilizam apenas de um ensaio de resistência à compressão, diferem das condições intra-orais (KAHN *et al.*, 1996). As Máquinas de Ensaio Universal utilizadas nesses estudos aplicam apenas uma carga contínua em uma única direção e em um único ponto da coroa artificial ou da restauração (KAHN *et al.*, 1996). Ao contrário, as forças mastigatórias não são unidirecionais e são aplicadas repetidamente sobre uma grande superfície (KAHN *et al.*, 1996).

Nos últimos anos, uma nova metodologia tem sido aplicada para se verificar a resistência de materiais odontológicos. Esta se baseia na aplicação de ciclos repetidos de carga mecânica (fadiga), sendo possível avaliar a resistência de um dado material frente à simulação de um processo mastigatório clínico (DRUMMOND *et al.*, 1999). De acordo com LIBMAN & NICHOLLS (1995) e REAGAN *et al.* (1999), corpos-de-prova submetidos à ciclagem mecânica, com posterior avaliação da resistência à fratura, estão mais próximos das condições intra-orais, quando comparados ao teste estático de se aumentar uma carga contínua até verificação da fratura. As diferenças de resultados encontrados na literatura podem ser explicadas pelas diferentes metodologias empregadas, relacionadas ao número de ciclos - 2.000 ciclos (DRUMMOND *et al.*, 1999) a 4.000.000 ciclos (COHEN *et al.*, 2000), frequência - 1,3Hz (LIBMAN & NICHOLLS, 1995; HEYDECKE *et al.*, 2002) a 5Hz (HUYSMANS *et al.*, 1993) - e quantidade de carga - 4N (LIBMAN & NICHOLLS, 1995) a 400N (GATEAU *et al.*, 1999).

O presente estudo submeteu as raízes restauradas com diferentes sistemas de retenção intra-radicular a 100.000 ciclos mecânicos, a uma frequência de 3,5Hz e 80N de carga. HUYSMANS *et al.*, em 1995, afirmaram que um mínimo de  $10^5$  ciclos, o equivalente a aproximadamente 1-3 meses de vida clínica, deve ser empregado nos estudos laboratoriais, uma vez que as falhas nas restaurações ocorrem, geralmente, após extensiva função. A carga e a frequência acima citadas foram escolhidas, por serem os valores máximos alcançados pela Máquina de Ciclagem Mecânica utilizada no presente estudo.

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, relacionados à resistência à fratura de raízes de dentes bovinos reconstruídas com diferentes sistemas de pinos intra-radiculares e submetidas à ciclagem mecânica, observou-se que os grupos experimentais restaurados com núcleos metálicos fundidos apresentaram o maior valor médio de resistência à fratura, sendo diferente estatisticamente dos demais grupos analisados. Esses resultados estão de acordo com os resultados do estudo de MARTINEZ-INSUA *et al.* (1998), em que os autores verificaram maiores valores de resistência à fratura para núcleos metálicos fundidos em relação a pinos de fibra de carbono e também com os resultados de FRAGA *et al.* (1998), que mostraram maiores valores de resistência à fratura para raízes restauradas com núcleos metálicos fundidos.

Uma possível explicação para esses resultados encontrados pode estar na perfeita adaptação dos núcleos metálicos fundidos à parede do canal radicular, já que os núcleos são estruturas homogêneas (LAMBBERG-HANSEN & ASMUSSEN, 1997), obtidos a partir da fundição de um padrão em cera ou resina acrílica que reproduz o contorno das paredes internas do canal radicular (TRABERT & COONEY, 1984; SAUPE *et al.*, 1996). De acordo com FRAGA *et al.*, em 1998, os altos valores de dureza das ligas metálicas também explicariam esses maiores resultados relacionados aos núcleos metálicos fundidos.

Entretanto, é importante salientar que estudos (BEX *et al.*, 1992; MARTINEZ-INSUA *et al.*, 1998; HEYDECKE *et al.*, 2002) indicam que o padrão de fratura encontrado em dentes restaurados com núcleos metálicos fundidos é

menos favorável, geralmente havendo fratura da raiz dentária, enquanto que para pinos pré-fabricados, a fratura ocorre na interface pino / núcleo de preenchimento. Embora o objetivo deste estudo não foi analisar o padrão de fratura, tais evidências também foram verificadas nos corpos-de-prova avaliados.

Apesar disso, cabe ressaltar que, embora o padrão de fratura apresentado pelos núcleos metálicos fundidos possa ser mais desfavorável, quando comparados aos pinos pré-fabricados, os valores de resistência à fratura apresentados por esses sistemas alcançaram, neste estudo, uma média de 77,04kgf. Portanto, caso os demais sistemas de retenção intra-radicular alcançassem esses altos valores de resistência à fratura, provavelmente também se verificariam padrões de fratura desfavoráveis.

Não obstante os resultados encontrados relacionados aos núcleos metálicos fundidos terem sido superiores aos valores dos pinos intra-radulares pré-fabricados, é válido ressaltar as melhores características dos pinos pré-fabricados, uma vez que esses apresentam maior facilidade de técnica e necessidade de uma única sessão clínica para sua colocação (MORGANO & MILOT, 1993; MORGANO & BRACKETT, 1999). Ainda, como já observado anteriormente, os núcleos metálicos fundidos apresentam algumas desvantagens, tais como: processos de corrosão sofridos por algumas ligas metálicas (TRABERT & COONEY, 1984; MORGANO & MILOT, 1993; PURTON & LOVE, 1996), necessidade, muitas vezes, de remoção de maior quantidade de estrutura dental sadia para confecção do preparo intra-radicular, maior número de sessões de atendimento

(CHRISTENSEN, 1998; FRAGA *et al.*, 1998), o que aumenta o custo do tratamento (CHRISTENSEN, 1998) e o risco de contaminação do canal radicular (MORGANO & MILOT, 1993). O grande número de passos laboratoriais envolvidos na execução dos núcleos metálicos fundidos - moldagem, confecção do padrão e fundição - eleva também a possibilidade do acontecimento de erros, aumentando dessa forma, o risco de fracassos (MORGANO & BRACKETT, 1999). Finalmente, o escurecimento na raiz e na região gengival, proporcionado pelos pinos metálicos, e a crescente demanda por restaurações estéticas livres de metal têm se tornado muito grandes nos últimos anos (FERRARI *et al.*, 2002b), limitando a indicação de sistemas de retenção intra-radicular.

Uma grande quantidade de fatores deve ser considerada na seleção dos pinos pré-fabricados, no que diz respeito à biocompatibilidade, dureza e aspectos relacionados à capacidade retentiva (LAMBBERG-HANSEN & ASMUSSEN, 1997), como formato, configuração de superfície (ASSIF *et al.*, 1993; THORSTEINSSON *et al.*, 1992). Há um consenso na literatura científica de que pinos com paredes paralelas, além de apresentarem maior retentividade no canal radicular, possuem melhor distribuição das forças intra-orais ao longo da raiz (MUSIKANT & DEUTSCH, 1984; TRABERT & COONEY, 1984; STOCKTON, 1999). Já os pinos cônicos são os que possuem menor retenção (MUSIKANT & DEUTSCH, 1984; STOCKTON, 1999), além de induzirem tensões na região apical radicular, quando submetidos às forças intra-orais - efeito de cunha - aumentando as chances da ocorrência de fraturas radiculares (SORENSEN & ENGELMAN, 1990; SIVERS &

JOHNSON, 1992). Ao mesmo tempo, os pinos pré-fabricados serrilhados possuem maior retenção que os lisos, uma vez que possuem sulcos que atuam como retentores mecânicos para o cimento (STOCKTON, 1999). Os pinos denominados rosqueados ou auto-rosqueáveis são os que apresentam maior capacidade retentiva no interior do canal radicular, promovendo embricamento mecânico na dentina radicular (THORSTEINSSON *et al.*, 1992; PURTON & LOVE, 1996).

Os pinos pré-fabricados metálicos Radix-Anker, utilizados no presente estudo, são auto-rosqueáveis e com paredes paralelas, possuindo um sulco de escape para o cimento ao longo de sua haste, melhorando sua retentividade e aliviando a pressão hidrostática durante a cimentação (MUSIKANT & DEUTSCH, 1984). Já os pinos de fibra de carbono avaliados são paralelos com dois estágios cônicos na região mais apical e apresentam superfície lisa, sendo totalmente dependentes da ação adesiva do cimento resinoso (THORSTEINSSON *et al.*, 1992).

Embora no presente estudo os valores de resistência à fratura das raízes com pinos metálicos sejam maiores, não foi verificada diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre estas e as raízes restauradas com pinos de fibra de carbono, concordando com os resultados do trabalho realizado por DEAN *et al.* (1998).

No entanto, apesar da semelhança estatística verificada entre os pinos pré-fabricados avaliados no presente estudo, algumas desvantagens relacionadas aos pinos metálicos podem ser citadas, como a grande quantidade de tensões

produzidas durante a instalação de pinos rosqueáveis, o que pode vir a ocasionar trincas e fraturas na estrutura dental, se não adaptados corretamente (TRABERT & COONEY, 1984; THORSTEINSSON *et al.*, 1992; FRAGA *et al.*, 1998). Uma das orientações do próprio fabricante durante a confecção das roscas no canal é que a cada volta completa do pino seja retrocedida meia-volta, a fim de reduzir as tensões na raiz (CAPUTO & HOKAMA, 1987; STOCKTON, 1999). Além disso, o níquel presente nas ligas metálicas de algumas marcas comerciais de pinos possui um potencial alérgico em alguns pacientes (CHRISTENSEN, 1998).

Os pinos de fibra de carbono foram desenvolvidos na França no início dos anos 90 com o intuito de se superar algumas desvantagens dos pinos metálicos (FERRARI *et al.*, 2000a). Esses pinos consistem em fibras de carbono pirolíticas contínuas e unidirecionais de 8µm de diâmetro, arranjadas longitudinalmente em uma matriz resinosa epóxica, sendo os componentes de carbono constituintes de 64% da estrutura (TORBJÖRNER, *et al.*, 1996; FERRARI *et al.*, 2000a). Os pinos de fibra de carbono apresentam alta resistência à corrosão, fadiga e tração, além de possuírem um módulo de elasticidade - 21 GPa - semelhante à dentina - 18 GPa - (FERRARI *et al.*, 2000a), o que pode levar a uma melhor distribuição de forças longitudinais ao comprimento do pino (ISIDOR *et al.*, 1996; DEAN *et al.*, 1998, FREDRIKSSON *et al.*, 1998).

Um outro fator a ser ressaltado em relação aos pinos de fibra de carbono, e que poderia explicar seus resultados similares, quando comparados aos pinos metálicos, está na sua compatibilidade com monômero Bis-GMA,

comumente encontrado nos materiais envolvidos nos procedimentos de cimentação do pino - sistema adesivo e cimento resinoso – (FERRARI *et al.*, 2000a). Dessa maneira, esses pinos se aderem indiretamente à parede do canal radicular através da película do cimento resinoso (FERRARI *et al.*, 2000b). Essa adesão confere uma melhor transmissão de estresse entre o pino e a estrutura radicular, podendo reduzir as concentrações de tensões e eventuais fraturas radiculares (ASMUSSEN *et al.*, 1999; FERRARI *et al.*, 2000a). Estudos *in vitro* confirmam as afirmações anteriores, constatando que os pinos de fibra de carbono produzem menor índice de fraturas radiculares quando comparados aos pinos metálicos e núcleos metálicos fundidos (ISIDOR *et al.*, 1996; DEAN *et al.*, 1998; MARTINEZ-INSUA *et al.*, 1998). Estudos *in vivo* conduzidos por FREDRIKSSON *et al.* (1998) e FERRARI *et al.* (2000b), relataram ausência de fratura radicular em dentes restaurados com pinos de fibra de carbono, após um período de 2-3 anos e 1-6 anos, respectivamente.

O desenvolvimento de novos materiais adesivos no meio odontológico possui um papel decisivo na seleção do tratamento restaurador. O preenchimento do canal radicular com resina composta, como método para se restaurar dentes tratados endodonticamente, tem sido estudado por alguns autores (LUI, 1994; SAUPE *et al.*, 1996). SORNKUL & STANNARD (1992) afirmam que nos casos em que há uma quantidade significativa de estrutura dental remanescente, após o tratamento endodôntico, a realização de um condicionamento ácido, aplicação de um sistema adesivo e preenchimento do canal radicular com um compósito

resinoso pode resultar em um prognóstico de sucesso. De acordo com TROPE *et al.* (1985), através do condicionamento ácido da dentina radicular, com remoção da lama dentinária e abertura dos túbulos dentinários, um meio auxiliar de retenção mecânica poderia ser obtido, garantindo adequada união do compósito resinoso à parede dentinária. Essa união formaria um corpo único (compósito/canal radicular) o que, segundo esses autores, aumentaria a resistência à fratura desses dentes.

Algumas vantagens podem ser atribuídas ao emprego das resinas compostas, como fácil manipulação, rápida polimerização, resistência à tração e compressão comparável à da estrutura dental e baixa resposta a estímulos térmicos (PHILLIPS, 1996).

No presente estudo, as raízes com núcleos confeccionados em resina composta fotopolimerizável não puderam ser avaliadas quanto à sua resistência à fratura, pois todos os corpos-de-prova deste grupo fraturaram durante a realização do ensaio prévio de ciclagem mecânica. A partir de uma análise visual desses corpos-de-prova, pôde-se verificar que nenhuma raiz restaurada com esses núcleos de resina composta sofreu fratura em sua estrutura, uma vez que a fratura sempre ocorria na estrutura do compósito resinoso ou na interface entre o núcleo coronário de resina composta e parede dentinária (FIG. 13). Esses resultados estão de acordo com os resultados relatados no estudo de BEX *et al.* (1992), em que os autores reportaram menores valores de resistência à fratura para raízes restauradas com núcleos em resina composta fotopolimerizável e, também,

padrões de fratura mais favoráveis, quando comparados aos núcleos metálicos fundidos. FRAGA *et al.*, em 1998, consideram que essa fratura do material resinoso previamente à fratura da estrutura dental pode ser considerada vantajosa, já que eventuais fraturas radiculares fatalmente levariam à necessidade de extração do elemento dental, enquanto uma fratura do compósito resinoso poderia ser solucionada com a substituição da restauração.

Entretanto, tal vantagem torna-se questionável, uma vez que a resistência apresentada pelos núcleos confeccionados em resina composta fotopolimerizável foi muito baixa, não sendo possível a avaliação dos valores de resistência ao carregamento tangencial de compressão, pois todas as amostras sofreram ruptura durante a aplicação do ensaio de ciclagem mecânica.

Dessa maneira, é importante salientar que a opção pelo emprego de núcleos ou pinos pré-fabricados na clínica diária deve visar não apenas a obtenção de estética, mas também a devolução da função exercida pelo elemento dental. Para isso, a compreensão por parte do cirurgião-dentista das diferentes propriedades e características de cada sistema de retenção intra-radicular é imprescindível.

## 7. CONCLUSÕES

---

De acordo com os resultados obtidos e com o fator avaliado, as seguintes conclusões podem ser tomadas:

- as raízes com núcleos metálicos fundidos apresentaram maiores valores de resistência à fratura quando comparados às raízes com pinos pré-fabricados ou núcleos de resina composta fotopolimerizável;
- as raízes restauradas com pinos pré-fabricados metálicos Radix-Anker e de fibra de carbono Æstheti-Post comportaram-se de maneira semelhante frente ao ensaio de carregamento tangencial de compressão;
- os núcleos confeccionados de maneira direta com resina composta fotopolimerizável estão contra-indicados nos casos de ausência de porção coronária remanescente, como simulado no presente estudo, onde todas as amostras fraturaram durante o ensaio de ciclagem mecânica, não sendo possível avaliá-los quanto à sua resistência à fratura.

---

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

ALBUQUERQUE, R. de C.; DUTRA, R. A.; VASCONCELLOS, W. A. Pinos intraradiculares de fibras de carbono em restaurações de dentes tratados endodonticamente. **Rev Ass Paul Cirur Dent**, São Paulo, v.52, n.6, p.441-444, Nov./Dez. 1998.

ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A.; HEITMANN, T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. **J Dent**, Oxford, v.27, n.4, p.275-278, May 1999.

ASSIF, D.; GORFIL, C. Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.71, n.6, p.565-567, June 1994.

\_\_\_\_\_ *et al.* Effect of post design on resistance to fracture of endodontically treated teeth with complete crowns. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.69, n.1, p.36-40, Jan. 1993.

BEX, R.T. *et al.* Effect of dentinal bonded resin post-core preparations on resistance to vertical root fracture. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.67, n.6, p.768-772, June 1992.

BURGESS, J. O.; SUMMITT, J. B.; ROBBINS, J. W. The resistance to tensile, compression, and torsional forces provided by four post systems. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.68, n.6, p.899-903, Dec. 1992.

- CAPUTO, A. A.; HOKAMA, S. N. Stress and retention properties of a new threaded endodontic post. **Quintessence Int**, Berlin, v.18, n.6, p.431-435, June 1987.
- CHRISTENSEN, G. J. Posts and cores: state of the art. **J Am Dent Assoc**, Chicago, v.129, n.1, p.96-97, Jan. 1998.
- COHEN, B. I. *et al.* Pilot study of the cyclic fatigue characteristics of five endodontic posts with four core materials. **J Oral Rehabil**, Oxford, v.27, n.1, p.83-92, Jan. 2000.
- DEAN, J. P.; JEANSONNE, B. G.; SARKAR, N. In vitro evaluation of a carbon fiber post. **J Endod**, Baltimore, v.24, n.12, p.807-810, Dec. 1998.
- DRUMMOND, J. L.; TOEPKE, T. R. S.; KING, T. J. Thermal and cyclic loading of endodontic posts. **Eur J Oral Sci**, Copenhagen, v.107, n.3, p.220-224, June 1999.
- FERRARI, M.; VICHI, A.; GARCIA-GODOY, F. 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 2000a.
- \_\_\_\_\_ *et al.* Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. **Am J Dent**, San Antonio, v.13, Special Issue, p.9B-13B, May 2000b.
- FRAGA, R. C. *et al.* Fracture resistance of endodontically treated roots after restoration. **J Oral Rehabil**, Oxford, v.25, n.11, p.809-813, Nov. 1998.

- FREDRIKSSON, M. *et al.* A retrospective study of 236 patients with teeth restored by carbon fiber-reinforced epoxy resin posts. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.80, n.2, p.151-157, Aug. 1998.
- GATEAU, P.; SABEK, M.; DAILEY, B. Fatigue testing and microscopic evaluation of post and core restorations under artificial crowns. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.82, n.3, p.341-347, Sept. 1999.
- GUTMANN, J. L. The dentin-root complex: anatomic and biologic considerations in endodontically treated teeth. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.67, n.4, p.458-467, Apr. 1992.
- GUZY, 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.39-44, July 1979.
- HEYDECKE, G. *et al.* Fracture strength after dynamic loading of endodontically treated teeth restored with different post-and-core systems. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.87, n.4, p.438-445, Apr. 2002.
- HUANG, T-J. G.; SCHILDER, H.; NATAHNSON, D. Effect of moisture content and endodontic treatment on some mechanical properties of human dentin. **J Endod**, Baltimore, v.18, n.5, p.209-215, May 1992.
- HUYSMANS, M. C. *et al.* Failure behaviour of fatigue-tested post and cores. **Int Endod J**, London, v.26, n.5, p.294-300, Sept. 1993.

- ISIDOR, F.; ÖDMAN, P.; BRONDUM, K. Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. **Int J Prosthodont**, Lombard, v.9, n.2, p. 131-136, Mar/Apr. 1996.
- KAHN, F. H. *et al.* Comparison of fatigue for three prefabricated threaded post systems. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.75, n.2, p.148-153, Feb. 1996.
- KANTOR, M. E.; PINES, M. S. A comparative study of restorative techniques for pulpless teeth. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.38, n.4, p.405-412, Oct. 1977.
- LAMBJERG-HANSEN, H.; ASMUSSEN, E. Mechanical properties of endodontic posts. **J Oral Rehabil**, Oxford, v.24, n.12, p.882-887, Dec. 1997.
- LIBMAN, W. J.; NICHOLLS, J. I. Load fatigue of teeth restored with cast posts and cores and complete crowns. **Int J Prosthodont**, Lombard, v.8, n.2, p.155-161, Mar/Apr. 1995.
- LUI, J. L. Composite resin reinforcement of flared canals using light-transmitting plastic posts. **Quintessence Int**, Berlin v.25, n.5, p.313-319, May 1994.
- MARCHI, G. M. *et al.* Effect of different filling materials in combination with intraradicular posts on the resistance to fracture of weakened roots. **J Oral Rehabil**, Oxford, 2001, *in press*.
- MARTINEZ-INSUA, A. *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.527-532, Nov. 1998.

MORGANO, S. M.; BRACKETT, S. E. Foundation restorations in fixed prosthodontics: current knowledge and future needs. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.82, n.6, p.643-657, Dec. 1999.

\_\_\_\_\_ ; MILOT, P. Clinical success of cast metal posts and cores. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.70, n.1, p.11-16, July 1993.

MOYERS, R. E. **Handbook of orthodontics**. 3. ed. Chicago: Year Book Medical, 1977. 778p.

MUSIKANT, B. L.; DEUTSCH, A. S. A new prefabricated post and core system. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.52, n.5, p.631-634, Nov. 1984.

NAKAMICHI, I.; IWAKU, M; FUSAYAMA, T. Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. **J Dent Res**, Washington, v.62, n.10, p.1076-1081, Oct. 1983.

PHILLIPS, R.W. **Materiais dentários**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 412p.

PURTON, D. G.; LOVE, R. M. Rigidity and retention of carbon fibre versus stainless steel root canal posts. **Int Endod J**, London, v.29, n.4, p.262-265, July 1996.

\_\_\_\_\_ ; PAYNE, J. A. Comparison of carbon fiber and stainless steel root canal posts. **Quintessence Int**, Berlin, v.27, n.2, p.93-97, Feb. 1996.

REAGAN, S. E. *et al.* Effects of cyclic loading on selected post-and-core systems. **Quintessence Int**, Berlin, v. 30, n.1, p.61-67, Jan. 1999.

- REEVES, G. W. *et al.* Microleakage of new dentin bonding systems using human and bovine teeth. **Oper Dent**, Seattle, v.20, n.6, p.230-235, Nov/Dec. 1995.
- SAUPE, W. A.; GLUSKIN, A. H.; RADKE JR., R. A. A comparative study of fracture resistance between morphologic dowel and cores and a resin-reinforced dowel system in the intraradicular restoration of structurally compromised roots. **Quintessence Int**, Berlin, v.27, n.7, p.483-491, July 1996.
- SIDOLI, G. E.; KING, P. A.; SETCHELL. D. J. An in vitro evaluation of a carbon fiber-based post and core system. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.78, n.1, p.5-9, July 1997.
- SIVERS, J. E.; JOHNSON W. T. Restoration of endodontically treated teeth. **Dent Clin North Am**, Philadelphia, v.36, n.3, p.631-650, July 1992.
- SORENSEN, J. A.; ENGELMAN, M. J. Effect of post adaptation on fracture resistance of endodontically treated teeth. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.64, n.4, p.419-424, Oct. 1990.
- \_\_\_\_\_ ; MARTINOFF, J. T. Intracoronal reinforcement and coronal coverage: a study of endodontically treated teeth. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.51, n.6, p.780-784, June 1984.
- SORNKUL, E.; STANNARD, J. G. Strength of roots before and after endodontic treatment and restoration. **J Endod**, Baltimore, v.18, n.9, p.440-443, Sept. 1992.

STOCKTON, L. W. Factors affecting retention of post systems: a literature review.

**J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.81, n.4, p.380-385, Apr. 1999.

THORSTEINSSON, T. S.; YAMAN, P.; CRAIG, R. G. Stress analyses of four prefabricated posts. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.67, n.1, p.30-33, Jan. 1992.

TORBJÖRNER, A. *et al.* Carbon fiber reinforced root canal posts: mechanical and cytotoxic properties. **Eur J Oral Sci**, Copenhagen, v.104, n. 5-6, p.605-611, Oct/Dec. 1996.

TRABERT, K. C.; CAPUTO A. A.; ABOU-RASS, M. Tooth fracture - A comparison of endodontic and restorative treatments. **J Endod**, Baltimore, v.4, n.11, p.341-345, Nov. 1978.

\_\_\_\_\_; COONEY, J. P. The endodontically treated tooth: restorative concepts and techniques. **Dent Clin North Am**, Philadelphia, v.28, n.4, p.923-951, Oct. 1984.

TROPE, M.; MALTZ, D. O.; TRONSTAD, L. Resistance to fracture of restored endodontically treated teeth. **Endod Dent Traumatol**, Copenhagen, v.1, n.3, p.108-111, June 1985.

## ANEXOS

**QUADRO 4** – Marca comercial, composição, número de lote e fabricante dos materiais utilizados no estudo.

MARCA COMERCIAL	COMPOSIÇÃO	Nº DO LOTE	FABRICANTE
<b>SINGLE BOND</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etanol</li> <li>• Bis-GMA</li> <li>• HEMA</li> <li>• Água</li> <li>• Dimetacrilatos</li> <li>• Fotoiniciador</li> <li>• Copolímeros dos ácidos poli-itaicônico e poli-acrílico</li> </ul>	2GU	3M ESPE do Brasil
<b>FILTEK Z250</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bis-EMA</li> <li>• UDMA</li> <li>• Bis-GMA</li> <li>• Canforoquinona</li> <li>• Partículas inorgânicas de zircônio-sílica (60%v)</li> </ul>	1MN	3M ESPE do Brasil
<b>RELY X</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pasta A: Bis-GMA, TEGDMA, partículas inorgânicas de zircônio/sílica (67,5%v), modificadores reológicos, canforoquinona, amina e corantes.</li> <li>• Pasta B: Bis-GMA, TEGDMA, partículas inorgânicas de zircônio/sílica (67,5%v), modificadores reológicos e peróxido de benzoíla.</li> </ul>	3415A1	3M ESPE do Brasil
<b>RADIX-ANKER</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liga de titânio/prata</li> </ul>	322436	Dentsply
<b>ÆSTHETI-POST</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fibra de carbono revestido por resina</li> </ul>	0100003875	Bisco

**QUADRO 5** – Resultado do sorteio realizado para definir quais raízes receberiam os sistemas de retenção intra-radulares: núcleo metálico fundido (NMF), Radix-Anker, Æstheti -Post e núcleos de resina composta (NR).

RAÍZES DE INCISIVOS INFERIORES BOVINOS							
NMF		RADIX-ANKER		ÆSTHETI-POST		NR	
6*	52	20	48	34	1	14	33
24	11	38	32	51	10	56	45
55	36	43	50	13	54	21	5
37	35	30	2	39	7	28	41
27	18	31	3	29	15	22	44
12	42	9	4	49	46	17	53
25		8		16		19	
40		26		23		47	

\* número de identificação de cada raiz

**QUADRO 6** - Valores de resistência à fratura (kgf) para cada corpo-de-prova analisado.

RETENTOR INTRA-RADULAR	CORPO-DE-PROVA	RESISTÊNCIA À FRATURA (kgf)
NMF	6	74,23
NMF	24	81,46
NMF	55	76,15
NMF	37	89,44
NMF	27	73,53
NMF	12	83,22
NMF	25	68,22
NMF	40	76,15
NMF	52	82,56
NMF	11	65,89
NMF	36	59,47
NMF	35	82,91
NMF	18	90,38
NMF	42	74,98
Radix-Anker	20	43,28
Radix-Anker	38	57,26
Radix-Anker	43	64,83
Radix-Anker	30	50,84
Radix-Anker	60	48,98

Radix-Anker	9	53,35
Radix-Anker	8	58,46
Radix-Anker	26	46,18
Radix-Anker	58	51,19
Radix-Anker	32	52,24
Radix-Anker	50	67,99
Radix-Anker	2	48,28
Radix-Anker	3	45,83
Radix-Anker	4	45,95
<i>Æstheti -Post</i>	34	40,35
<i>Æstheti -Post</i>	51	42,74
<i>Æstheti -Post</i>	13	44,55
<i>Æstheti -Post</i>	39	51,08
<i>Æstheti -Post</i>	29	38,6
<i>Æstheti -Post</i>	49	43,5
<i>Æstheti -Post</i>	16	51,49
<i>Æstheti -Post</i>	23	51,43
<i>Æstheti -Post</i>	1	37,67
<i>Æstheti -Post</i>	10	39,42
<i>Æstheti -Post</i>	54	37,95
<i>Æstheti -Post</i>	7	59,53
<i>Æstheti -Post</i>	15	49,44
<i>Æstheti -Post</i>	46	51,08
NR	14	0
NR	59	0
NR	21	0
NR	28	0
NR	22	0
NR	17	0
NR	19	0
NR	47	0
NR	33	0
NR	45	0
NR	5	0
NR	41	0
NR	44	0
NR	53	0

**QUADRO 7** – Resultado da Análise de variância ( $\alpha = 0,05$ ) para o ensaio de resistência à fratura de raízes.

<b>EFEITO</b>	<b>QUADRADO DAS MÉDIAS</b>	<b>F</b>	<b>NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA (p)</b>
Sistemas de retenção intra-radicular	3819,76*	330,66*	0,00001*