

**LAILA GONZALES FREIRE**

**Avaliação do preparo de canais radiculares com instrumentos rotatórios  
torcidos e usinados, por meio de cortes transversais  
e da microtomografia computadorizada**

São Paulo

2010

**LAILA GONZALES FREIRE**

**Avaliação do preparo de canais radiculares com instrumentos rotatórios  
torcidos e usinados, por meio de cortes transversais  
e da microtomografia computadorizada**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Odontologia da Universidade de São  
Paulo para obtenção do título de Mestre  
em Ciências Odontológicas

Área de Concentração: Endodontia

Orientador: Prof. Dr. Marcelo dos Santos

São Paulo

2010

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Freire LG. Avaliação do preparo de canais radiculares com instrumentos rotatórios torcidos e usinados, por meio de cortes transversais e da microtomografia computadorizada. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências Odontológicas.

Aprovado em:

### Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

## DEDICATÓRIA

Aos meus amados pais, Wiliam e Blacia, que sempre, com muito amor, possibilitaram e apoiaram os meus objetivos e sonhos. Obrigada pelos ensinamentos de vida e pela educação exemplar. Amo vocês.

À minha linda irmã, Joana, que assim como eu, também está trilhando o seu caminho. Maninha, te amo e tenho muito orgulho de ser sua irmã.

Ao Leo, que conheci no início desta jornada e que desde então, tem me acompanhado e incentivado a todo momento, sempre com palavras de carinho e amor. Obrigada por você ser tão maravilhoso. Te amo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que vem sempre à minha frente, iluminando e guiando os meus caminhos.

Ao Prof. Dr. Marcelo dos Santos, meu especial agradecimento. Obrigada por ter aberto as portas pra mim, concedendo-me a oportunidade de poder trabalhar contigo. A sua orientação me deu a segurança necessária para concluir este trabalho, e os seus ensinamentos ficarão marcados para sempre na minha vida.

Ao Prof. Dr. Antônio Carlos Bombana, sempre acolhendo com muito carinho os que o procuram. Agradeço pela ajuda no início deste trabalho.

A todos os professores do Departamento de Endodontia, pela receptividade, pelo aprendizado e pela disposição em ajudar sempre.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Sanches Cunha, sempre presente em todos os meus passos na endodontia e na vida, meu grande incentivador e mestre. Você também faz parte desta conquista. Obrigada por sua amizade.

Ao Prof. Dr. Carlos Bueno, exemplo de profissional e educador, pelos ensinamentos que tenho recebido desde a graduação. Obrigada por confiar em mim.

Ao Prof. Dr. Cesar Lascale, pela ajuda com o piloto das tomografias.

Aos meus amigos do curso de pós-graduação, Kléber, Simony, Vitor, pelos momentos de convívio e companheirismo; e em especial à Ceci, que muito me ajudou em diversos momentos.

À secretaria do Departamento de Dentística, especialmente à Ana Maria.

À Sonia, do laboratório de Dentística, pela ajuda no início da fase experimental.

À equipe do curso de atualização da Fundação, pela convivência e pelo trabalho prazeroso que realizamos juntos.

À minha grande amiga, sócia e irmã, Nídia. Você é o maior exemplo da verdadeira e pura amizade. Obrigada por ter sido a primeira a me incentivar nesta caminhada.

Às minhas amigas da equipe Unique, pela torcida, pela confiança no meu trabalho, e, sobretudo, por entender os momentos em que estive ausente.

Ao Sr. Alberto, Dona Helena, Ale e Dani, pelo acolhimento sempre fraterno, fazendo com que eu me sentisse em casa e em família. Agradeço de coração.

A todos os meus familiares e amigos, que tornam a minha vida mais do que especial.

À Capes, pela bolsa de estudos concedida e à Fapesp, pelo auxílio financeiro (2008/58312-0).

"A sabedoria não nos é dada. É preciso descobri-la por nós mesmos, depois de uma viagem que ninguém nos pode poupar ou fazer por nós."

(Marcel Proust)

## RESUMO

Freire LG. Avaliação do preparo de canais radiculares com instrumentos rotatórios torcidos e usinados, por meio de cortes transversais e da microtomografia computadorizada [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2010.

O preparo químico-cirúrgico é uma das etapas mais importantes do tratamento endodôntico, pois promove a desinfecção do sistema de canais radiculares através da limpeza e da modelagem. Realizar o preparo de canais curvos é um grande desafio, devido à ocorrência freqüente de acidentes operatórios como o transporte do canal. A introdução de instrumentos fabricados em ligas de níquel-titânio (NiTi) contribuiu consideravelmente para a melhora na qualidade da instrumentação dos canais. Os diferentes sistemas rotatórios que são apresentados continuamente ao profissional devem ser estudados com detalhes, pois o seu comportamento pode variar de acordo com o desenho de cada instrumento e as suas características de produção. O objetivo deste estudo foi avaliar, *ex vivo*, a qualidade do preparo de canais curvos realizado pelos sistemas rotatórios Twisted File (TF; Sybron Endo), torcidos, e EndoSequence (ES; Brasseler), usinados, quanto à habilidade em manter o canal centralizado, analisando a extensão e a direção dos eventuais transportes e o índice de centralização do instrumento (IC), por meio de cortes transversais e da microtomografia computadorizada ( $\mu$ CT). Trinta molares inferiores foram divididos em dois grupos, e preparados conforme o delineamento de cada método: G1 - Bramante Modificado e G2 -  $\mu$ CT. No G1, os dentes foram incluídos em blocos de resina, e seccionados a 2,0, 3,5 e 5,0 mm do ápice radicular. As seções foram fotografadas, e os blocos, remontados, foram submetidos à instrumentação rotatória. No G2, os dentes foram incluídos em material de moldagem e escaneados com um microtomógrafo, antes e após o preparo. As imagens das seções transversais foram reconstruídas e os cortes axiais correspondentes às distâncias de 2,0, 3,5 e 5,0 mm do ápice radicular foram selecionados. Os resultados foram submetidos ao teste estatístico não-paramétrico Mann-Whitney, para comparações duas a duas. Em ambos os grupos, o transporte do canal e o IC para os sistemas TF e ES foram semelhantes, havendo diferença



estatística significativa apenas no G2, na secção 3,5 mm, quando o sistema TF causou menos transporte do que o sistema ES, obtendo também um melhor IC ( $p < 0,05$ ). Quando realizada a comparação entre os métodos, independentemente do instrumento utilizado, o transporte do canal foi significativamente menor (0,17 mm) no grupo 2, do que no grupo 1 (0,27 mm) ( $p < 0,05$ ). A 3,5 e 5,0 mm, o sistema TF promoveu menos transporte no grupo 2 do que no grupo 1 ( $p < 0,05$ ). Para o sistema ES, diferença estatística foi encontrada a 2,0 mm, aonde o transporte também foi menor no grupo 2 ( $p < 0,05$ ). Concluiu-se que os sistemas TF e ES se comportaram de modo semelhante quanto ao transporte do canal e ao IC, permitindo o preparo de canais curvos com pouco desvio. Os dois instrumentos apresentaram desvios tanto para o sentido mesial, quanto para o sentido distal. E quando comparados apenas os métodos de avaliação, no método da  $\mu$ CT o transporte do canal foi menor do que no método de Bramante Modificado.

Palavras-Chave: preparo do canal radicular; instrumentação rotatória; instrumentos endodônticos; níquel-titânio; microtomografia computadorizada.

## ABSTRACT

Freire LG. Evaluation of root canal preparation with rotary instruments twisted and ground by means of cross sections and microcomputed tomography [dissertation]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2010.

The chemomechanical preparation is one of the most important phases of endodontic treatment, because it promotes disinfection of the root canal system by cleaning and shaping. The preparation of curved canals is a major challenge due to the frequent occurrence of operative accidents as the canal transportation. The introduction of instruments of nickel-titanium (NiTi) alloy has contributed considerably to the improvement of canal instrumentation quality. The different rotary systems that are continuously presented to dental professionals should be studied in detail, because their mechanical properties can vary according to the design of each instrument and the manufacture characteristics. The aim of this study was to evaluate, *ex vivo*, the quality of preparation of curved canals and centering ability of the rotary systems Twisted File (TF) (Sybron Endo), twisted, and EndoSequence (ES) (Brasseler), ground, analyzing the extent and direction of any transportation and the centering ratio of instrument, by cross sections and microcomputed tomography ( $\mu$ CT). Thirty lower molars were divided into two groups, and prepared according to the design of each method: G1 – Bramante Modified and G2 -  $\mu$ CT. In G1, the teeth were embedded in resin blocks and sectioned at 2,0, 3,5 and 5,0 mm from the apex. The sections were photographed and the blocks were reassembled and subjected to rotary instrumentation. In G2, the teeth were embedded in an impression material and scanned with a microtomograph, before and after preparation. The images were reconstructed from the cross sections and the axial sections corresponding to distances of 2,0, 3,5 and 5,0 mm from the apex were selected. The results were submitted to statistical nonparametric test Mann-Whitney. In both groups, the canal transportation and IC for TF and ES systems were similar, with statistical difference only for the 3.5 mm section, while TF system caused less canal transportation than ES system, obtaining also better IC ( $p < 0.05$ ). When compared only the methods, regardless of instrument used, the canal transportation was significantly smaller (0.17 mm) in group 2 than in group 1 (0.27 mm) ( $p < 0.05$ ). At 3.5 and 5.0 mm, TF system

promoted less transportation in group 2 than in group 1 ( $p < 0.05$ ). For ES system, statistical difference was found at 2.0 mm, where transportation was also lower in group 2 ( $p < 0.05$ ). It was concluded that the systems TF and ES behaved similarly about the canal transportation and the centering ability, allowing the preparation of curved canals with little deviation. The two instruments showed deviations for both the mesial and distal direction. When comparing only the methods of assessment, at  $\mu$ CT the canal transportation was lower than in Bramante Modified method.

Keywords: root canal preparation; rotary instrumentation; endodontic instruments; nickel-titanium; microcomputed tomography.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Preparo das amostras - grupo 1.....	46
Figura 4.2 - Micrótopo de tecido duro (A), corte dos espécimes (B) e conjunto remontado após os cortes (C).....	47
Figura 4.3 - Cortes a 2,0, 3,5 e 5,0 mm do ápice radicular.....	47
Figura 4.4 - Retas tangentes às faces proximais das raízes (A) e corte posicionado na lupa estereoscópica (B) .....	48
Figura 4.5 - Leitura das medidas pré e pós-operatórias no programa ImageJ.....	48
Figura 4.6 - Preparo das amostras - grupo 2.....	49
Figura 4.7 - Amostra posicionada no porta-amostra.....	50
Figura 4.8 - Microtomógrafo de raios-X SkyScan 1172.....	50
Figura 4.9 - Composição do aparelho Microtomógrafo de raios-X SkyScan 1172.....	51
Figura 4.10 - Leitura das medidas pré e pós-operatórias no programa CTan.....	52
Figura 4.11 - Instrumentos Twisted File e EndoSequence.....	53
Figura 5.1 – Médias e desvios-padrão do transporte do canal promovido pelos sistemas TF e ES nos grupos 1.....	57
Figura 5.2 – Médias e desvios-padrão do IC para os sistemas TF e ES nos grupos 1 e 2 .....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 - Médias e desvios-padrão do transporte do canal promovido pelos sistemas TF e ES nos grupos 1 e 2.....	56
Tabela 5.2 - Frequência da direção do transporte pelo método de Bramante Modificado (grupo 1) .....	58
Tabela 5.3 - Frequência da direção do transporte pelo método da $\mu$ CT (grupo 2)....	59
Tabela 5.4 - Médias e desvios-padrão do IC para os sistemas TF e ES nos grupos 1 e 2.....	59

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADA	American Dental Association
ES	EndoSequence
FOUSP	Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo
IC	índice de centralização do instrumento
KV	quilovolts
MI	mililitro
MP	megapixel
$\mu$ A	microampere
$\mu$ m	micrometro
MEV	microscopia eletrônica de varredura
$\mu$ CT	microtomografia computadorizada
Mm	milímetro
#	número
nº	número
NiTi	níquel-titânio
PF	Profile
GTX	Profile GT series X
rpm	rotações por minuto
TF	Twisted File
TC	tomografia computadorizada

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	17
<b>2.1 Instrumentos endodônticos</b> .....	18
<b>2.2 Técnicas para o preparo do canal radicular</b> .....	25
<b>2.3 Metodologias para avaliação do preparo do canal radicular</b> .....	30
<b>2.4 Resultados das avaliações do preparo do canal radicular</b> .....	34
<b>3 PROPOSIÇÃO</b> .....	41
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	42
<b>4.1 Material</b> .....	42
<b>4.2 Métodos</b> .....	44
4.2.1 Seleção dos dentes .....	44
4.2.2 Preparo dos dentes e divisão dos grupos experimentais .....	44
4.2.3 Bramante Modificado.....	45
4.2.3.1 Preparo das amostras – grupo 1 .....	45
4.2.3.2 Leitura das medidas – grupo 1 .....	47
4.2.4 Microtomografia Computadorizada .....	49
4.2.4.1 Preparo das amostras – grupo 2 .....	49
4.2.4.2 Exames Tomográficos.....	50
4.2.4.3 Leitura das medidas – grupo 2 .....	52
4.2.5 Instrumentação Rotatória .....	53
4.2.6 Metodologia de avaliação e análise dos resultados .....	54
4.2.6.1 Transporte do canal .....	54
4.2.6.2 Índice de centralização do instrumento .....	55
<b>5 RESULTADOS</b> .....	56
<b>5.1 Transporte do canal</b> .....	56
5.1.2 Direção do transporte do canal .....	58
<b>5.2 Índice de centralização do instrumento</b> .....	59
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	61
<b>7 CONCLUSÕES</b> .....	74
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	75
<b>APÊNDICES</b> .....	84
<b>ANEXOS</b> .....	91

## 1 INTRODUÇÃO

O sucesso do tratamento endodôntico depende de diversos fatores, entretanto, o preparo do canal radicular é uma das etapas mais importantes, pois é diretamente responsável pela limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares, além de lhe caber ainda a modelagem adequada à ulterior obturação.

O preparo de canais curvos, contudo, acrescenta uma dificuldade a mais a ser transposta: o desgaste homogêneo e centralizado das paredes do canal por um instrumento que deve ser rígido o suficiente para desgastar dentina, e ao mesmo tempo maleável o necessário a respeitar as curvaturas sem deformá-las ou provocar acidentes operatórios.

O transporte do canal é uma complicação a ser considerada, pois quando da sua ocorrência, áreas do canal não são trabalhadas pelo instrumento, dificultando a sua limpeza, sobretudo na porção apical. Ainda, o transporte do canal pode ter um impacto negativo no selamento apical da obturação, influenciando no prognóstico do tratamento.

A introdução de instrumentos fabricados em ligas de níquel-titânio (NiTi) contribuiu consideravelmente para a melhora na qualidade da modelagem dos canais, pois as suas propriedades de elasticidade e flexibilidade possibilitaram o desenvolvimento de técnicas rotatórias contínuas que permitem ao instrumento cortar a dentina em um movimento circular, evitando desvios durante a instrumentação.

Outra importante vantagem desses sistemas é a significativa redução no tempo de trabalho, diminuindo o estresse do profissional, e proporcionando maior conforto para o paciente.

As propriedades mecânicas e o comportamento dos instrumentos variam de acordo com a composição química da liga metálica, as características de produção e o tratamento termomecânico aplicado durante a fabricação. Como consequência dos avanços na tecnologia do desenvolvimento de materiais, novas gerações de sistemas rotatórios estão disponíveis, com as promessas de serem mais eficientes, seguros e previsíveis.



Nesse sentido, pesquisas têm sido direcionadas para o estudo detalhado a respeito dos efeitos da instrumentação, em canais curvos, dos novos sistemas rotatórios, para se entender de que modo as suas características e o seu modo de fabricação afetam o desempenho durante o preparo do canal radicular, especialmente em relação à sua habilidade em manter o canal centralizado.

Muitas metodologias são utilizadas para avaliar as mudanças morfológicas na anatomia do canal radicular, tais como injeção de silicone, canais simulados, observações histológicas e radiográficas.

Um dos modelos experimentais de escolha para avaliar com precisão o desgaste das paredes do canal radicular, antes e após o seu preparo, é o método que utiliza cortes transversais. Ele possui como principal vantagem a possibilidade de comparar o canal antes e após a instrumentação.

A procura por métodos mais confiáveis e menos invasivos levou à utilização mais freqüente da microtomografia computadorizada ( $\mu$ CT) nas pesquisas da área biológica. Essa tecnologia possibilita ao pesquisador uma infinidade de imagens e uma avaliação completa e detalhada do canal radicular em todos os planos, sem perda de dados, mostrando-se uma excelente alternativa para avaliar os milímetros apicais do canal radicular.

Desta forma, torna-se oportuna a realização de estudos que avaliem não apenas os aspectos relacionados à instrumentação dos canais radiculares, mas também aos métodos empregados para avaliar a qualidade dos preparos, pois parece claro que as diferentes metodologias apresentam variáveis que podem interferir de forma direta nos resultados obtidos e, conseqüentemente, na aplicação clínica dos instrumentos endodônticos.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A literatura apresenta um grande número de estudos sobre as técnicas de instrumentação e as propriedades dos instrumentos endodônticos, ressaltando a importância da fase do preparo do canal radicular.

Bender et al. (1964) demonstraram que a completa esterilização do sistema de canais radiculares é difícil de ser conseguida, e que a instrumentação mecânica é a maneira mais efetiva em remover dentina contaminada do interior do canal radicular.

Em um trabalho que se tornou clássico na literatura, Schilder (1974) destacou que o objetivo principal do preparo do canal radicular é conseguir um formato cônico progressivo a partir da entrada dos canais, até a constrição apical, permitindo adequada limpeza e desinfecção, e uma obturação de qualidade, com a máxima preservação da morfologia original do canal.

Segundo Paiva e Antoniazzi (1988), tais objetivos são alcançados com a interação da substância química auxiliar e dos instrumentos endodônticos, respeitando a anatomia do canal radicular e os tecidos periapicais.

O grande desafio do endodontista é atuar nos canais radiculares curvos, onde ocorrem freqüentemente erros de procedimento como transporte apical, degraus e perfurações, muitas vezes devido à rigidez das ligas de aço inoxidável.

A ocorrência de transportes também pode complicar o procedimento de obturação e influenciar negativamente no vedamento da porção apical do canal radicular, e conseqüentemente no prognóstico do tratamento endodôntico (Wu et al., 2000).

Com o intuito de reduzir os acidentes operatórios, têm sido desenvolvidos novos instrumentos e técnicas alternativas para o preparo do canal radicular.

## 2.1 Instrumentos endodônticos

A endodontia vem vivenciando nos últimos anos importantes modificações nos instrumentos empregados durante o preparo do canal radicular, com inovações nos formatos, nas propriedades, no tratamento superficial durante o processo de fabricação e nos materiais utilizados para a confecção dos mesmos, tornando-os cada vez mais confiáveis e eficientes.

Até a sua padronização, os instrumentos endodônticos eram confeccionados de maneira aleatória, sem uniformidade em relação às suas dimensões e características.

Um dos primeiros a discutir a importância da padronização dos instrumentos foi Ingle (1955), alertando ao fato de que, a depender do fabricante, os instrumentos possuíam formas e tamanhos diferentes, e que os diâmetros de suas pontas não coincidiam com os diâmetros dos cones de guta percha e de prata utilizados para a obturação dos canais.

Ingle (1961) também ressaltou que as dificuldades encontradas no tratamento endodôntico eram devido a falhas durante o preparo do canal, e que a falta de instrumentos apropriados era a principal causa deste problema, sugerindo normas a serem seguidas na confecção dos instrumentos e de outros materiais de uso endodôntico.

Os primeiros instrumentos endodônticos eram confeccionados em ligas de aço carbono, a partir de um arame torcido a frio sobre seu longo eixo. O resultado era um instrumento com elevada dureza, o que dificultava a instrumentação homogênea das curvaturas, promovendo deformações e desvios.

Craig e Peyton (1963) compararam as propriedades mecânicas e físicas de instrumentos fabricados em aço inoxidável e aço carbono. Os autores evidenciaram que os primeiros exibiam maior resistência à corrosão, maior flexibilidade e pequena diferença quanto à capacidade de corte, sendo, portanto, promissores para a fabricação de instrumentos endodônticos.

A capacidade de flexão e a resistência à torção das limas de aço inoxidável e de aço carbono também foram comparadas por Craig et al. (1968). Ao analisarem a ação destes instrumentos em canais curvos, eles concluíram que o aço inoxidável

era mais vantajoso para o uso clínico devido à sua maior resistência à deformação permanente, quando comparado ao aço carbono.

A liga de aço inoxidável apresentava outras vantagens como baixo custo e boa durabilidade. Entretanto, o alto índice de fraturas e a rigidez destes instrumentos incentivaram as pesquisas em busca de novos materiais que pudessem ser utilizados na fabricação dos instrumentos endodônticos.

Andreasen e Hilleman (1971) sugeriram que as ligas de NiTi fossem utilizadas na ortodontia, para a confecção de fios ortodônticos, em razão da sua elasticidade, da alta energia armazenada durante a sua curvatura e da grande resistência à fratura torcional e flexional.

Weine et al. (1975), em um estudo sobre o preparo de canais radiculares curvos, observaram que as limas de aço inoxidável, pré-curvadas ou não, tinham tendência a retificar-se dentro dos canais, ocasionando desvios na forma original dos canais, especialmente no terço apical.

A American Dental Association (ADA) (1976a) aprovou a especificação nº 28 que estabelece normas para as dimensões dos instrumentos endodônticos e determina que protocolos sejam seguidos nos testes de avaliação e controle de qualidade dos mesmos. Outra especificação, a de nº 29 (ADA, 1976b), determinava normas sobre a composição das ligas metálicas utilizadas para a fabricação desses instrumentos.

Roane et al. (1985) desenvolveram as limas Flex-R, destinadas para o uso na técnica das forças balanceadas. Estas limas, ao contrário das convencionais, possuíam uma ponta não ativa que serviria de guia dentro dos canais radiculares, diminuindo as ocorrências de desvios em seu trajeto.

A importância de estudos que tratassem da composição química das ligas metálicas utilizadas para a fabricação dos instrumentos endodônticos foi ressaltada por Bombana (1986). Ele analisou, através de espectrofotometria de absorção atômica e volumetria de gases, a composição química das ligas de aço empregadas na confecção das limas K-Flex, Flexofile e tipo K, de quatro procedências diferentes. O resultado mostrou que todos os instrumentos estavam dentro das especificações propostas pela ADA, exceto a lima Flexofile, que apresentou percentual de molibdênio maior que o especificado na composição da liga metálica.

Os primeiros instrumentos endodônticos fabricados com a liga de NiTi foram estudados por Walia et al. (1988), os quais avaliaram suas propriedades físicas

realizando testes de flexibilidade e resistência à torção. Eles concluíram que as limas de NiTi apresentaram 2 a 3 vezes mais flexibilidade em comparação com as limas de aço inoxidável fabricadas pelo mesmo processo, além de uma superior resistência à fratura por torção. Os resultados sugeriram que as limas confeccionadas com NiTi poderiam ser promissoras para a instrumentação de canais curvos.

Um novo instrumento foi desenvolvido por Wildey e Senia (1989), denominado SW, o qual difere do desenho das limas convencionais, possuindo: ponta não cortante, parte ativa mais curta, e diâmetro reduzido e cilíndrico, não apresentando qualquer conicidade. Os instrumentos foram testados em canais simulados e em dentes naturais extraídos, aplicando-se movimentos de rotação à direita e à esquerda. Os autores concluíram que a combinação destas características possibilitou uma instrumentação mais fácil, rápida e precisa, em comparação com os instrumentos convencionais, especialmente em canais curvos, onde foi observada uma redução considerável do transporte do canal.

Seto et al. (1990) avaliaram as propriedades de torção das limas do tipo K torcidas e usinadas, através da rotação dos instrumentos no sentido horário e anti-horário. Eles concluíram que as limas feitas por torção resistiram mais à torção nos dois sentidos, em comparação com as limas usinadas. Além disso, ambas apresentaram maior resistência à fratura no sentido horário, e não houve diferença na força de torção até a fratura. Os autores concluíram que as limas usinadas demonstraram menos deformação plástica antes da fratura e que o mecanismo de fratura é semelhante para ambas.

O processo de fabricação dos instrumentos endodônticos pode gerar tensões que fragilizam o metal, aumentando os riscos de microfraturas no instrumento. Estudos têm demonstrado que essa fragilidade pode ser compensada industrialmente através de tratamentos termomecânicos.

Com o intuito de propor melhorias nas propriedades mecânicas dos instrumentos, Santos (1994) avaliou um tipo de tratamento térmico recristalizador a ser empregado na superfície das limas. Para tanto, ele empregou este tratamento em limas tipo K #15, #25 e #35, as quais foram avaliadas por ensaio de resistência à torção. Os resultados mostraram que a temperatura de 600°C, por uma hora, foi capaz de proporcionar um aumento substancial na resistência à torção dos instrumentos estudados.

Pruett et al. (1997) analisaram a influência da curvatura do canal radicular e da velocidade de rotação na fadiga cíclica dos instrumentos de NiTi Lightspeed. Eles introduziram um novo método para determinação da curvatura do canal radicular, levando em consideração além do ângulo, o raio de curvatura. Os autores concluíram que o raio de curvatura, o ângulo de curvatura, e o calibre dos instrumentos são mais significantes para provocar fratura do que a velocidade de rotação, e que quanto menor o raio de curvatura do canal, maior a chance de fratura do instrumento.

Kuhn et al. (1997) estudaram o efeito da modificação no desenho da ponta de limas manuais de aço inoxidável e de NiTi na instrumentação de canais curvos. Canais mesiais de molares inferiores foram avaliados quanto ao desvio apical, centralização do preparo e remoção de dentina. Os resultados mostraram que as limas de NiTi permaneceram significativamente mais centradas e com menor desvio apical do que as de aço inoxidável. Os autores concluíram que a combinação da utilização de ligas de NiTi com desenho da ponta modificado resultaram em um instrumento com melhor desempenho.

Lopes et al. (1998) avaliaram a influência do ângulo e do raio de curvatura no transporte apical de canais mesiais de molares inferiores, preparados com as limas K-flexofile e K-flexofile Golden Medium. Eles classificaram o raio de curvatura da seguinte maneira: suave,  $\geq 20$  mm; moderado, entre 10 e 20 mm; e severo,  $\leq 10$  mm. Os autores concluíram que não houve diferença no transporte entre os grupos, independente do ângulo e do raio de curvatura, e que a determinação da curvatura do canal deve levar em consideração além do ângulo, também o raio de curvatura.

Em uma revisão da literatura a respeito das ligas de NiTi utilizadas na odontologia, Thompson (2000) destaca o uso desta liga na fabricação dos instrumentos endodônticos. O autor enfatiza que as suas propriedades únicas, incluindo o baixo módulo de elasticidade e o comportamento super-elástico, possibilitando a recuperação de sua forma original após deformação, são de grande interesse para a endodontia, pois permitem a construção de instrumentos mais adequados para o preparo de canais curvos.

Buchanan (2000) introduziu os instrumentos usinados em liga de NiTi GT, baseado na concepção de variação da conicidade dos instrumentos durante a seqüência de preparo do canal radicular, a fim de tornar mais fácil e rápido o preparo

de canais curvos. Segundo o autor, esta técnica permite uma adequada ampliação cervical, melhor modelagem e qualidade no preparo apical.

Santos (2002) avaliou as alterações provocadas pela implantação de íons nitrogênio em instrumentos rotatórios de NiTi, diante de sua flexão a 30°. Trinta limas do tipo Quantec series 2000 # 40 foram divididas em dois grupos, sendo que quinze receberam a implantação de nitrogênio, e as outras quinze não foram tratadas. Ambos os grupos foram submetidos a testes de flexão, não havendo diferença estatística significativa entre eles. O autor concluiu que o processo de implantação iônica de nitrogênio não interferiu na flexão dos instrumentos estudados.

Também estudando o tratamento de superfície por implantação iônica de nitrogênio, Costa (2002) verificou o aumento da resistência à perda de corte dos instrumentos de NiTi. Vinte e um instrumentos do sistema K3 foram divididos em dois grupos, aonde um deles recebeu o processo de implantação iônica. Cada lima instrumentou 20 blocos de canais simulados em resina. O ensaio de resistência à perda de corte foi realizado com auxílio de um simulador de ação da instrumentação endodôntica. Conclui-se que os instrumentos não implantados apresentaram perda progressiva do corte significativamente e que o processo de implantação de íons de nitrogênio manteve a resistência à perda de corte dos instrumentos, em até 20 usos.

Um novo sistema rotatório de NiTi denominado EndoSequence (ES) foi apresentado por Koch e Brave (2004). Esses instrumentos possuem um desenho diferenciado, com pontos de contato alternados ao longo do corpo do instrumento e ponta não cortante, o que mantêm a lima centralizada no canal radicular, diminuindo o transporte. A ausência de superfícies radiais diminui a sua massa metálica, conferindo também maior capacidade de corte e flexibilidade. Todos os instrumentos deste sistema são submetidos a um processo de eletropolimento, o que, segundo o fabricante, permite remover muitas das imperfeições geradas em sua fabricação por usinagem.

Gavini (2006) avaliou a resistência à fadiga cíclica de instrumentos rotatórios de NiTi K3, submetidos à implantação de íons de nitrogênio, comparando-os com instrumentos não tratados. Todas as limas foram submetidas a ensaios de fadiga cíclica, reproduzindo a instrumentação rotatória em um canal curvo. Os instrumentos submetidos à implantação iônica exibiram valores de rotação antes da fratura significativamente maiores, quando comparados às limas não implantadas. Baseado

nos resultados deste estudo pode-se concluir que a implantação de íons de nitrogênio influencia a resistência à fadiga cíclica de instrumentos rotatórios de NiTi.

Herold et al. (2007) avaliaram o desenvolvimento de microfraturas nos instrumentos rotatórios ES e ProFile, após o preparo de canais radiculares curvos, através de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os instrumentos foram avaliados antes do uso, após a conclusão de 7 canais, e após a conclusão de 14 canais. Todas as limas ES apresentaram microfraturas após a instrumentação dos 7 canais, diferentemente dos instrumentos ProFile, além de um índice superior de limas separadas. Os autores concluíram que a presença do eletropolimento nos instrumentos ES não inibiu o desenvolvimento de microfraturas.

Brisighello (2008) avaliou a resistência à fadiga cíclica dos sistemas rotatórios de NiTi K3 e ES, em função do número de usos. Foram utilizados canais simulados em resina, com curvatura de 40° e raio de 5 mm. Todas as limas foram submetidas a ensaios de fadiga cíclica realizados em um dispositivo experimental que permitiu que o instrumento reproduzisse a instrumentação rotatória de canais curvos. Observou-se que não houve diferença estatisticamente significativa em relação ao número de usos, porém o sistema K3 apresentou maior resistência à fadiga flexural do que o sistema ES.

Mounce (2008) escreveu a respeito de um novo sistema rotatório, Twisted File (TF), que constitui um enorme avanço na tecnologia dos instrumentos de NiTi, pois parte de um conceito de manufatura completamente diferente de todos os outros instrumentos atualmente fabricados. Através da torção de uma haste metálica, em combinação com tratamento térmico recristalizador, esses instrumentos agregam maior elasticidade e uma superior resistência à fadiga cíclica. Eles também recebem um condicionamento de superfície especial, através de um tratamento eletroquímico com banho de oxidação, aumentando a dureza da lima, sem alterar a sua flexibilidade.

Gambarini et al. (2008) avaliaram se o método de fabricação do sistema TF produz instrumentos de NiTi realmente mais flexíveis. Dez instrumentos deste sistema, tamanho # 25 e conicidade 0.06 foram comparados com dez instrumentos do sistema ProFile com as mesmas dimensões, quanto à rigidez em flexão. O momento de flexão foi medido quando o instrumento alcançou uma curva de 45°. Os resultados mostraram que os momentos de flexão foram significativamente maiores



para o sistema Profile, em comparação com as limas TF, confirmando assim o aumento da flexibilidade dos últimos.

Larsen et al. (2009) realizaram um estudo para avaliar a resistência à fadiga cíclica dos novos instrumentos TF e Profile GT series X (GTX), em comparação com os instrumentos tradicionalmente fabricados como ES e Profile (PF). Instrumentos de tamanho # 25 TF, ES, e PF e de tamanho # 20 GTX com conicidades 0.04 e 0.06 foram testados em canais simulados. O número de rotações até a fratura foi registrado para cada instrumento. Os instrumentos # 20 GTX obtiveram um desempenho significativamente melhor, provavelmente devido ao aumento da flexibilidade nas limas # 20. Os instrumentos TF foram mais resistentes à fadiga cíclica do que os instrumentos ES. Os autores concluíram que os novos processos de fabricação parecem oferecer maior resistência à fadiga cíclica dos instrumentos.

Williamson et al. (2009) compararam a efetividade na limpeza dos canais radiculares, através de MEV, utilizando três sistemas rotatórios diferentes: ProTaper, Profile GT e ES. Trinta e seis molares inferiores foram divididos em três grupos e preparados conforme cada sistema rotatório até o instrumento apical # 40. As imagens de MEV indicaram não haver diferença na capacidade de limpeza entre os grupos estudados.

Kim et al. (2010) realizaram um estudo com o objetivo de comparar a resistência à fadiga de instrumentos de NiTi tradicionalmente usinados e os instrumentos rotatórios fabricados por torção, TF, e analisar as características de fratura dos mesmos. Com o auxílio de MEV, as características de superfície dos instrumentos tamanho # 25 e conicidade 0.06 TF, Race, Helix, e ProTaper F1 foram examinadas. O tempo até a fratura foi gravado para calcular o número de voltas para cada instrumento. Os instrumentos TF mostraram uma resistência significativamente superior à fadiga cíclica do que as outras limas, concluindo-se que instrumentos com sulcos de usinagem abundante parecem ter um maior risco de fadiga.

Stewart et al. (2010) investigaram a incidência de distorção e de fratura dos instrumentos rotatórios Libertador, ES e ProFile, em canais severamente curvos. Todas as limas foram inspecionadas visualmente com um aumento de 16 vezes, antes e após o uso. Distorção foi definida como qualquer alteração do desenho proposto pelo fabricante. Os autores concluíram que mais distorções ocorreram significativamente com os instrumentos Libertador do que com os sistemas Profile e ES.

## 2.2 Técnicas para o preparo do canal radicular

A preocupação em se obter um preparo do canal radicular cada vez melhor, especialmente em relação à sua modelagem, fez com que diversos autores propusessem técnicas variadas para contornar os acidentes durante a instrumentação. O desenvolvimento de sistemas que utilizam ligas em NiTi incorporou uma série de mudanças no procedimento de preparo do sistema de canais radiculares.

Hall (1930) foi o precursor na realização do preparo do canal radicular por terços, dividindo o canal em três partes iguais, a partir do terço cervical, até a porção apical. O autor sugere que o terço cervical seja preparado inicialmente com limas de maior diâmetro, para possibilitar o avanço em profundidade sem interferências das paredes do canal radicular. Ainda, considerou a limpeza cirúrgica do canal radicular, em condições assépticas, como a primeira e verdadeira etapa para alcançar o sucesso na terapia endodôntica.

Ingle (1961) desenvolveu a técnica seriada de instrumentação, propondo a utilização de instrumentos de aço pré-curvados, com diâmetros que aumentavam progressivamente, até atingir o comprimento de trabalho.

A técnica de escalonamento com recuo progressivo foi apresentada por Clem (1969), aonde instrumentos de menor diâmetro devem atuar na porção apical dos canais, precedendo os instrumentos de maior calibre, no sentido ápice-coroa, efetuando assim um preparo com recuo progressivo dos instrumentos. O autor observou que os instrumentos de menor calibre têm maior facilidade em atingir a porção apical, vencendo facilmente as curvaturas e que os instrumentos de maior calibre não apresentavam flexibilidade suficiente, portanto somente deveriam ser utilizados nas regiões média e cervical do canal radicular.

A fim de evitar a formação de degraus e perfurações nas paredes do canal radicular durante a sua instrumentação, Weine et al. (1970) sugeriram a técnica de pré-curvatura dos instrumentos, aonde, em todos os casos, a lima deveria ser pré-curvada em todo o seu comprimento para melhor adaptação à configuração do canal. Se a radiografia pré-operatória mostrar uma dilaceração acentuada, apenas a porção apical do instrumento deveria ser pré-curvada. Os autores ainda alertaram que um instrumento nunca deveria ser colocado reto dentro do canal radicular.

Schneider (1971) determinou com que freqüência a instrumentação manual produzia preparos circulares no terço apical de canais radiculares, analisando cortes transversais a 1 e a 5 mm do ápice radicular. Para determinar o ângulo de curvatura das raízes, o autor propôs um método no qual uma linha paralela era traçada no longo do eixo do dente, e em seguida, uma segunda linha era traçada a partir da saída do forame apical. Na intersecção destas duas linhas, o canal começava a sair do longo eixo do dente devido à curvatura, formando um ângulo agudo, que seria considerado como o ângulo de curvatura da raiz. O autor concluiu que, após a instrumentação manual, a anatomia da região apical não era respeitada, e que os preparos circulares aconteceram em apenas 51% das vezes para os cortes realizados a 1 mm do ápice, e em 17% para os cortes a 5 mm.

Schilder (1974) introduziu o conceito de limpeza e modelagem dos canais radiculares, sendo que ao final da instrumentação, os mesmos deveriam possuir uma forma cônica afunilada, preservando-se a curvatura original do canal radicular, sem a ocorrência de desvios. O autor afirma que desta maneira é possível alcançar uma maior limpeza com o uso de soluções irrigantes, conseguindo inclusive, durante a fase de obturação, uma adaptação melhor do material obturador em toda a área do canal. Entretanto, o autor admite que a instrumentação na região apical não deve ser tão pronunciada como aquela alcançada na região mediana do canal.

Mullaney (1979) desenvolveu uma técnica de instrumentação manual que é dividida em duas fases. A primeira consiste na dilatação do canal radicular em todo o comprimento de trabalho, aonde as limas de números menores devem ser repassadas antes de se utilizar instrumentos com maior calibre, uma vez que somente a irrigação não é suficiente para prevenir a condensação de raspas de dentina no canal radicular. Na segunda fase, utilizam-se três instrumentos de diâmetros sucessivamente maiores, com recuo progressivo de um milímetro em cada, e brocas de Gates-Glidden # 2 e # 3 para dar maior divergência em direção coronária.

O conceito do desgaste anticurvatura foi introduzido por Abou-Rass et al. (1980), cujo objetivo era direcionar os instrumentos para as áreas de maior espessura dentinária, ou zona de segurança, mantendo a integridade das paredes do canal radicular na sua porção mais delgada e reduzindo a possibilidade de acidentes. Eles afirmaram a necessidade do pré-alargamento dos terços coronário e

médio dos canais radiculares, e que o desgaste direcionado dentro da zona de segurança propicia uma redução acentuada do grau de curvatura.

Marshall e Pappin (1980) sugeriram a técnica denominada coroa-ápice sem pressão. Nela, instrumentos calibrosos são trabalhados nos terços cervical e médio com movimentos de rotação, sem exercer pressão no sentido apical. Em seguida, brocas Gates-Glidden são utilizadas para terminar a modelagem dos terços cervical e médio. Limas de calibre cada vez menor são utilizadas até que se atinja o comprimento de trabalho, terminando assim o preparo apical. Segundo os autores, esta técnica oferece melhores resultados no preparo de canais curvos, e também minimiza a extrusão de restos sépticos do canal radicular para a região periapical.

O uso de instrumentos rotatórios como auxiliares no preparo dos canais foi estudado por Abou-Rass e Jastrab (1982). Foram utilizados molares inferiores e superiores, divididos em quatro grupos preparados da seguinte forma: preparo convencional; limas e brocas tipo Peeso; limas e brocas tipo Gates-Glidden # 1; e com o sistema Giromatic. Os preparos foram moldados com silicone e avaliados por sete endodontistas. Os resultados indicaram que a qualidade do preparo que associa limas manuais ao uso de brocas dos tipos Peeso e Gates-Glidden é superior quando comparado ao preparo manual convencional.

Morgan e Montgomery (1984) avaliaram a efetividade da técnica coroa-ápice sem pressão, comparando-a com a técnica ápice-coroa. Quarenta dentes unirradiculares foram preparados, e em seguida moldados com silicone para posterior avaliação por cinco avaliadores, de acordo com critérios desejáveis e indesejáveis da instrumentação. A técnica coroa-ápice recebeu significativamente mais conceito excelente do que a técnica ápice-coroa. Os autores concluíram que a técnica coroa-ápice sem pressão mostrou ser um método efetivo de instrumentação de canais curvos.

Roane et al. (1985) descreveram a técnica das forças balanceadas, aonde os instrumentos são submetidos a movimentos de rotação, à medida que vão avançando em direção apical no interior do canal radicular, primeiro no sentido horário, com leve pressão apical, e depois com movimento de aproximadamente 120° no sentido anti-horário. Estes movimentos alternados seriam realizados até que se alcançasse o comprimento de trabalho desejado, utilizando limas menos calibrosas na região apical, e limas mais calibrosas nos terços médio e cervical. Os

autores concluíram que com esta técnica era possível diminuir a tensão provocada no instrumento e promover uma maior centralização do mesmo no canal radicular.

Calhoun e Montgomery (1988) compararam quatro técnicas de instrumentação do canal radicular: limas K-Flex (ápice-coroa), limas Flex-R (forças balanceadas), limas Flex-R (ultrassom) e limas Zipperer (ultrassom). Raízes mesiais de molares inferiores foram incluídas em resina acrílica e seccionadas a 1,5 mm do ápice, no meio da curvatura e no ponto entre a curvatura e a entrada do canal. Foram obtidas imagens das secções transversais antes e após a instrumentação. Os autores concluíram que a técnica utilizando limas Flex-R com forças balanceadas mantiveram os canais centralizados, apesar de não haver diferença estatística em relação aos outros grupos.

Campos e Del Rio (1990) avaliaram a forma do canal radicular antes e depois do preparo realizado pela técnica manual escalonada e com o sistema automatizado Canal Finder. Raízes mesiais de molares inferiores foram seccionadas e as medidas pré e pós-operatórias foram tomadas nos terços cervical, médio e apical por meio de fotomicrografias. Os autores concluíram que, nos terços cervical e apical, a peça automatizada removeu mais dentina do que a técnica escalonada; e que ambas promoveram desvio apical, com resultados menos satisfatórios para o sistema Canal Finder.

Leseberg e Montgomery (1991) analisaram preparos de canais radiculares realizados com o sistema Canal Master; com limas Flex-R (técnica das forças balanceadas); e com limas K-Flex (técnica escalonada). Eles utilizaram 36 raízes mesiais de molares inferiores, as quais foram seccionadas transversalmente. Fotografias de antes e após o preparo foram então copiadas em transparências, e as medidas obtidas com o auxílio de um computador acoplado a um digitalizador. O transporte do canal ocorreu para mesial nas secções dos terços apicais, e para distal nas secções dos terços médios. Os autores concluíram que o grupo do sistema Canal Master promoveu maior transporte apical.

De Deus (1992) recomendou, para o preparo de canais curvos, uma técnica que ficou conhecida por movimentos oscilatórios. Limas do tipo K devem ser utilizadas com suaves movimentos de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  volta, alternadamente, nos sentidos horário e anti-horário. Em seguida estes movimentos são intercalados com um deslocamento longitudinal de pequena amplitude, pressionando-se as limas em

direção às paredes, e ampliados à medida que o instrumento ficasse folgado no interior do canal.

Torabinejad (1994) descreveu a técnica “Passive Step-Back”, que utiliza uma combinação de limas manuais e instrumentos rotatórios Gates-Glidden e Peeso, para conseguir um adequado pré-alargamento cervical antes do preparo do terço apical. O autor afirma que esta técnica pode ser utilizada em qualquer tipo de canal, pois reduz os acidentes operatórios.

Siqueira Jr. et al. (1999) propuseram uma técnica de instrumentação que utiliza movimentos contínuos de rotação alternada. O instrumento deve ser introduzido no canal até encontrar resistência das paredes, quando se realiza uma rotação no sentido horário com 120°, e em seguida uma volta de mesma amplitude no sentido anti-horário, acompanhada de uma leve pressão apical, até que o instrumento chegue ao comprimento de trabalho. Os autores incluem como vantagens da técnica permitir a limpeza e a manutenção do forame apical em sua posição original, ser de fácil execução, permitir melhor acesso ao terço apical por parte das soluções irrigadoras e dos instrumentos, promovendo um menor risco de transportes.

Buchanan (2001) aborda uma técnica para a instrumentação de canais que apresentam curvaturas abruptas, recomendando que nestes casos, o canal seja explorado em toda sua extensão com uma lima manual # 10 pré-curvada. O canal deveria, então, ser alargado com as limas GT rotatórias até o início da curvatura ou imediatamente antes, e limas GT manuais pré-curvadas deveriam ser utilizadas com cuidado para uniformizar a região apical e coronária.

Em revisão da literatura, Peters (2004) buscou identificar os fatores que influenciam os resultados do preparo automatizado do canal radicular com instrumentos rotatórios de NiTi. A anatomia pré-operatória do canal radicular, o desenho da ponta do instrumento, a velocidade de rotação e a seqüência técnica empregada devem ser considerados. O autor afirma que os resultados da modelagem dos canais radiculares utilizando limas em NiTi são na sua maioria previsíveis, no entanto, estudos clínicos randomizados são necessários para avaliar os resultados clínicos quando do uso desta técnica na terapia endodôntica.

### 2.3 Metodologias para avaliação do preparo do canal radicular

Diferentes modelos experimentais são utilizados para avaliar as mudanças morfológicas na anatomia do canal radicular. Importantes estudos têm sido realizados discutindo as vantagens e desvantagens inerentes a estes métodos, e encorajando a procura de tecnologias que possibilitem avaliações quantitativas e qualitativas do preparo do canal radicular.

Davis et al. (1972) propuseram um método para estudar a anatomia do canal radicular após o seu preparo, através da injeção de silicone em canais de dentes extraídos, a fim de obter uma imagem tridimensional. Os autores puderam observar muitas variações anatômicas, e uma similaridade na anatomia dos canais após a instrumentação, em relação aos instrumentos utilizados durante o preparo, especialmente no terço apical. Eles também observaram que as técnicas existentes na época deixavam muitas áreas do canal não tocadas pelo instrumento.

Os primeiros estudos com canais simulados em blocos de resina foram realizados por Weine et al. (1975), com o objetivo de avaliar as deformações que poderiam ocorrer durante a instrumentação, comparando canais simulados e molares naturais extraídos, a partir de fotografias dos canais simulados e de radiografias dos dentes extraídos. Os autores observaram nos canais simulados que nenhum dos preparos produziu um canal afunilado desde a entrada até o ápice, que todas as limas pré-curvadas apresentaram tendência a retificar-se dentro do canal radicular, e que ocorreram desvios do canal original na porção apical impossíveis de se corrigir. Eles também visualizaram os mesmos acontecimentos nos exames radiográficos dos canais naturais, concluindo que este método é válido para avaliar o preparo dos canais radiculares.

Walton (1976) utilizou o método de análise histológica para avaliar diferentes técnicas de alargamento do canal radicular quanto à remoção de tecido do espaço pulpar, observando ainda se as paredes haviam sido preparadas e estavam lisas. A liagem escalonada foi significativamente mais efetiva para a remoção de resíduos, pois as paredes do canal se apresentaram mais lisas. Além disso, as paredes dos canais classificados como retos ficaram mais bem preparadas do que as dos canais curvos. O autor concluiu que a capacidade de remoção de resíduos está relacionada diretamente à condição que o instrumento tem de tocar todas as paredes.

Com o intuito de avaliar se o estudo com canais simulados é um modelo válido para analisar sua forma final após a instrumentação, Lim e Webber (1985) prepararam canais radiculares curvos de dentes humanos extraídos com limas do tipo K, e compararam, quantitativa e qualitativamente, com canais construídos artificialmente com resina de poliéster, preparados da mesma forma. Em conclusão, os autores atestaram que os canais simulados são um modelo experimental válido para o estudo da forma final de canais radiculares.

Um método de sobreposição radiográfica, que utiliza desenhos e imagens projetadas dos instrumentos, foi desenvolvido por Southard et al. (1987), para avaliar a técnica de instrumentação das forças balanceadas. Cinquenta canais radiculares foram divididos em dois grupos: canais com curvatura em apenas uma direção e canais com curvatura em forma de "S". A posição no canal com instrumentos # 20 a # 45 foi comparada com a posição original do canal com instrumentos # 10 ou # 15. Os resultados indicaram que com a lima # 45, a posição original do canal foi mantida em 40%, e com a lima # 40, essa porcentagem foi de 80%. Os autores concluíram que uma efetiva instrumentação pode ser realizada com instrumentos com calibre até # 40, sem desvio significativo da posição original do canal.

Bramante et al. (1987) apresentaram uma metodologia que permite comparar a anatomia do canal antes e após a instrumentação, através da inclusão de dentes em resina, formando um bloco piramidal. Sulcos transversais foram realizados na superfície proximal deste bloco e serviram como guia. Em seguida, o bloco de resina foi incluído em gesso pedra formando uma mufla, aonde também foram confeccionados guias para permitir o perfeito encaixe de suas partes. O dente incluído foi seccionado no nível cervical, médio e apical. As seções foram fotografadas e depois remontadas na mufla para posterior preparo dos canais. Após a instrumentação, as seções foram novamente fotografadas para avaliação das imagens pré e pós-operatórias. Os autores concluíram que este é um método simples e que permite uma análise qualitativa da instrumentação dos canais radiculares.

Tachibana e Matsumoto (1990) avaliaram a aplicabilidade da tomografia computadorizada (TC) como ferramenta para utilização na endodontia. Eles observaram a anatomia de dentes superiores e inferiores em adultos, bem como a sua relação com o ligamento periodontal, através de imagens obtidas de cortes sagitais e axiais. Os autores concluíram que a principal vantagem é a possibilidade



de visualização de estruturas não identificadas pela radiografia convencional, e que apesar de ser interessante a visualização das imagens dos canais radiculares em três dimensões, a TC tem seu uso limitado devido à falta de acurácia, à alta dose de radiação, ao tamanho do equipamento, ao alto custo e ao tempo consumido.

Sydney et al. (1991) desenvolveram um método *in vitro* chamado plataforma radiográfica, para avaliação do preparo em canais radiculares. Trata-se de um aparato que permite manter o dente e o filme radiográfico em posição constante durante a tomada radiográfica, antes e após a instrumentação. O objetivo da plataforma é observar a presença de desvio apical e a espessura das paredes dentinárias no sentido mesio-distal após a ampliação do canal radicular. Os autores concluíram que a utilização da plataforma radiográfica é uma valiosa ferramenta como auxiliar para o ensino e para a pesquisa em endodontia.

Com o intuito de obter uma visualização tridimensional do sistema de canais radiculares, Berutti (1993) propôs um método para analisar as relações das paredes do canal radicular, antes e após os procedimentos de limpeza e modelagem. A primeira parte do estudo foi a obtenção de secções transversais da raiz, perpendiculares ao longo eixo do canal radicular. Em seguida foi utilizado um sistema para remontar as secções das raízes, antes e após a instrumentação. Micrografias das secções foram transferidas para gráficos de computador, aonde foi possível reconstruir os cortes, fornecendo um modelo tridimensional da raiz com a imagem do canal radicular antes e após a instrumentação. O autor concluiu que este modelo experimental computadorizado permite que secções de todos os tipos possam ser produzidas com grandes possibilidades para medições e análises.

A  $\mu$ CT foi avaliada por Nielsen et al. (1995), como uma metodologia avançada para a pesquisa endodôntica. Quatro primeiros molares superiores foram escaneados por um microtomógrafo, em seguida foram instrumentados, e dois deles obturados antes de serem escaneados novamente. Os autores destacaram a habilidade deste método em apresentar as morfologias interna e externa dos dentes sem a necessidade de destruição das amostras, as mudanças de área e volume após a instrumentação e a obturação dos canais, bem como quantificar o transporte do canal radicular após o preparo.

Gambill et al. (1996) utilizaram a TC para avaliar o preparo de canais radiculares com limas manuais de NiTi, comparadas com as limas de aço inoxidável. Trinta e seis dentes unirradiculares foram divididos em três grupos e submetidos à

TC antes e após o preparo dos canais. As imagens tridimensionais dos canais não instrumentados foram comparadas com as imagens dos mesmos instrumentados. Os autores concluíram que os instrumentos de NiTi causaram significativamente menor transporte apical e produziram preparos mais centralizados do que os instrumentos de aço inoxidável, além de removerem significativamente menor volume de dentina. Os autores relataram que o sistema de imagens de TC forneceu um método reproduzível e não-invasivo para avaliação de alguns aspectos da instrumentação endodôntica.

Uma modificação do sistema de cortes transversais de Bramante et al. (1987) foi apresentada por Skelton-Macedo et al. (1999), para o estudo morfológico dos canais radiculares. O método consiste em um sistema simples de inclusão de dentes através de um bloco de resina levado a um cortador para tecido duro para a realização de cortes transversais com um disco diamantado de 0,3 mm de espessura. Desta maneira é possível visualizar a morfologia original, proceder a mensurações e documentar fotograficamente os canais, antes e após a instrumentação.

Bjorndal et al. (1999) realizaram uma análise quantitativa da relação entre a anatomia interna e externa do canal radicular de molares superiores permanentes, utilizando a  $\mu$ CT. Os autores concluíram que esta metodologia é uma importante ferramenta educacional devido à sua habilidade em demonstrar uma forte correlação entre o número, posição, e secção transversal de canais radiculares, e entre a anatomia dos canais e a raiz. Os autores sugerem que a  $\mu$ CT seja utilizada para treinamento pré-clínico em endodontia.

Rhodes et al. (1999) avaliaram a validade da  $\mu$ CT como método de pesquisa para o estudo do espaço interno do canal radicular e da área da superfície externa. Dez molares inferiores foram escaneados antes e após serem instrumentados, e em seguida as raízes foram seccionadas em cinco níveis pré-determinados, distantes 2,0; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 mm do ápice radicular. Imagens das secções transversais foram digitalizadas e comparadas com as imagens obtidas através da  $\mu$ CT, em relação às áreas internas e externas do canal radicular. Os autores encontraram uma alta significância de correlação entre as imagens, e concluíram que a  $\mu$ CT é uma técnica reproduzível para avaliação tridimensional e não invasiva do sistema de canais radiculares.

Peters et al. (2000) avaliaram a precisão de um método para detalhamento da geometria do canal radicular por meio da tomografia de alta resolução. A anatomia de canais radiculares de 12 molares superiores foi analisada por meio de um microtomógrafo com resolução de 34  $\mu\text{m}$ . As áreas de superfície e os volumes de cada canal foram calculados e as médias determinadas. Os autores concluíram que a geometria do canal radicular foi devidamente apreciada por esta técnica inovadora, e que as variáveis e os índices apresentados podem servir de base para a análise da anatomia do canal radicular em pesquisas futuras.

Bergmans et al. (2001) apresentaram uma metodologia para avaliação quantitativa da instrumentação dos canais radiculares utilizando a  $\mu\text{CT}$  e um software desenvolvido com base em um modelo matemático. Um microtomógrafo forneceu dados de um molar inferior, antes e após a instrumentação com o sistema ProFile 0.04. Medições quantitativas e informações qualitativas adicionais sobre as imagens tridimensionais foram fornecidas pelo software. Além disso, os cortes transversais virtuais foram realizados em cinco níveis diferentes no canal mésio-vestibular, para avaliar o transporte e capacidade de centralização do instrumento. Os autores concluíram que esta metodologia é um novo caminho para avaliar quantitativamente a instrumentação dos canais radiculares.

## **2.4 Resultados das avaliações do preparo do canal radicular**

Muitos autores vêm discutindo o preparo do canal radicular, utilizando os mais diversos tipos de instrumentos e metodologias. Neste capítulo encontram-se alguns estudos importantes realizados nos últimos dez anos.

Rhodes et al. (2000) compararam duas técnicas de instrumentação em dez molares inferiores, utilizando a  $\mu\text{CT}$ . Após serem escaneados por um microtomógrafo, quinze canais foram preparados com instrumentos manuais Nitiflex, seguindo a técnica das forças balanceadas, e os outros quinze canais foram preparados com os instrumentos rotatórios ProFile .04. Os preparos apicais foram realizados com limas de tamanho correspondente ao diâmetro # 25. Foram avaliadas as áreas de dentina removidas a 2,0; 3,0; 4,5; 6,0 e 7,5 mm do ápice radicular, e o transporte do canal. Os autores não encontraram diferenças

estatisticamente significativa entre o preparo manual e o preparo mecanizado contínuo.

Gluskin et al. (2001) analisaram os efeitos no preparo do canal radicular utilizando a TC, após a instrumentação de canais mesiais de molares inferiores, realizados por estudantes de odontologia pela técnica coroa-ápice. Foram comparadas as limas de aço inoxidável Flexofile associadas às brocas de Gates-Glidden e o sistema rotatório ProFile GT. Os resultados mostraram que o último grupo obteve menor ampliação dos terços cervical e médio, menor transporte em direção à região de furca no terço médio e menor tempo médio de preparo. Os autores concluíram que o sistema ProFile GT permitiu aos alunos de odontologia preparar canais curvos com menor transporte, maior conservação de estrutura e maior rapidez.

Imura et al. (2001) avaliaram o transporte apical, por meio do sistema de muflas, em canais mesiais de molares inferiores. Os canais foram divididos em grupos de acordo com a técnica empregada: limas manuais Flex-R, sistema rotatório ProFile 0.04 e sistema rotatório Pow-R. A análise das amostras foi baseada em imagens sobrepostas dos canais radiculares antes e após o preparo. Os resultados mostraram que, considerando o grau de curvatura no terço apical, o grupo ProFile cortou mais dentina no lado mesial de canais moderadamente curvos do que em canais pouco curvos. As outras comparações não apresentaram diferença significativa entre os grupos.

Peter et al. (2001) estudaram quatro técnicas de preparo do canal radicular em molares superiores reconstruídos tridimensionalmente, através da  $\mu$ CT. Os autores utilizaram limas de NiTi dos sistemas LightSpeed, ProFile .04 e GT, e a técnica manual com limas tipo K de NiTi. Foram avaliadas as diferenças no volume de dentina removida, a proporção entre as áreas instrumentadas e as áreas não tocadas pelo instrumento e o transporte do canal. Enquanto houve diferença estatisticamente significativa entre os tipos de canais preparados (mésio-vestibular, disto-vestibular e palatino), poucas diferenças foram encontradas comparando os tipos de instrumentos. Quanto ao transporte do canal, no terço apical não houve diferença entre as formas de preparo, e também nenhum padrão de direção do transporte foi encontrado.

Bergmans et al. (2003) compararam a instrumentação de canais mesiais de 10 molares inferiores utilizando o sistema rotatório ProTaper, que apresenta

conicidade progressiva, e o sistema K3, que possui conicidade constante. Os dentes foram submetidos a exames por meio da  $\mu$ CT, e as imagens tridimensionais antes e depois da instrumentação dos canais foram comparadas. Foram obtidos valores numéricos para volume, curvatura, quantidade de dentina removida e centralização do canal e, adicionalmente, uma inspeção da forma do canal. Os autores concluíram que o sistema ProTaper removeu maior volume de dentina e obteve um maior deslocamento do canal em direção à furca.

Iqbal et al. (2004) propuseram uma técnica radiográfica que foi utilizada para comparar o transporte apical e a perda do comprimento de trabalho entre os instrumentos ProFile 0.06 série 29 e ProTaper. Foram utilizados canais méso-vestibulares de 40 molares inferiores, os quais foram divididos em dois grupos. Um aparato radiográfico especial foi construído com um sistema de radiografias digitais e utilizado nas tomadas pré e pós-operatórias das amostras. Os resultados indicaram que ambos os instrumentos são similares na habilidade de promover alargamento do canal radicular com o mínimo de transporte e perda do comprimento de trabalho.

González-Rodriguez e Ferrer-Luque (2004) avaliaram as mudanças na morfologia da secção transversal de canais curvos após a instrumentação com os sistemas rotatórios ProFile, Hero 642, e K3. Trinta raízes mesiais de molares inferiores foram imersas em resina, e seccionadas transversalmente nos níveis apical, médio e coronário. Imagens pré e pós-operatórias foram digitalizadas e as áreas dos canais foram medidas com auxílio de um software. O sistema Hero 642 removeu significativamente mais dentina do que os sistemas K3 e ProFile, produzindo mais mudanças nas secções transversais.

Paqué et al. (2005), utilizando uma modificação da técnica de mufla-molde, estudaram os instrumentos de NiTi RaCe e ProTaper, comparando-os, dentre outros parâmetros, em relação à manutenção da curvatura dos canais e à incidência de erros operatórios. Os autores utilizaram raízes mesiais de molares inferiores, cujos canais foram preparados apicalmente com limas de diâmetro # 30. No preparo dos terços apical e médio não foram encontradas diferenças significativas. Os autores concluíram que ambos os sistemas respeitaram a curvatura dos canais radiculares e foram seguros para o uso.

Al-Sudani e Al-Shahrani (2006) compararam os sistemas rotatórios ProFile, K3, e RaCe quanto à capacidade de manter o centro do canal e à ocorrência de

transportes. Sessenta canais mesiais de molares inferiores tiveram suas raízes seccionadas horizontalmente a 3 mm, 5 mm e 8 mm a partir do ápice. Os dentes foram remontados e instrumentados, e as secções transversais foram escaneadas antes e após o preparo. Os resultados indicaram que os três sistemas utilizados foram capazes de preservar a estrutura de dentina. O sistema RaCe mostrou significativamente mais transporte dos canais.

Rödig et al. (2007) compararam o preparo do canal radicular e a limpeza de suas paredes utilizando os instrumentos de NiTi ProFile 0.4 e GT, com uma modificação da técnica de Bramante. Cinquenta molares inferiores com dois canais mesiais separados foram divididos em dois grupos, de acordo com o sistema utilizado. Foram avaliados os seguintes parâmetros: manutenção das curvaturas do canal radicular, mudanças na secção transversal, capacidade de limpeza, segurança dos instrumentos e tempo de trabalho. Ambos os sistemas rotatórios mantiveram a curvatura dos canais, e mostraram secções transversais, após o preparo, com formato redondo ou oval.

Loizides et al. (2007) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar e comparar os efeitos dos sistemas rotatórios Hero e ProTaper, na geometria dos canais radiculares, utilizando a  $\mu$ CT. Vinte e dois canais mesiais de primeiros molares inferiores foram escaneados antes e após o preparo com ambos os sistemas. Imagens das secções transversais de cada canal foram obtidas em intervalos de 2 mm e as diferenças antes e após a instrumentação em relação à área de secção transversal, ao perímetro de cada canal, e à extensão do transporte do canal foram calculados com auxílio de um software de imagem. Os instrumentos Hero mostraram uma maior eficiência de corte em comparação com o sistema ProTaper a 8 mm, 6 mm e 4 mm do ápice, mas não a 2 mm. Ainda, o sistema ProTaper demonstrou uma maior tendência ao transporte apical.

Hartmann et al. (2007) compararam a ocorrência do transporte de canais curvos, comparando três técnicas de preparo, utilizando a TC. Sessenta molares superiores foram divididos em três grupos de 20, de acordo com a técnica de instrumentação: G1 – técnica manual com limas tipo K; G2 – técnica oscilatória com limas tipo K; G3 – técnica rotatória com o sistema ProTaper. As imagens tomográficas pré e pós-operatórias das secções transversais a 3 mm do forame apical foram superpostas e comparadas. A partir dos resultados do trabalho, os

autores concluíram que a técnica manual produziu significativamente menos transporte do que as técnicas rotatória e oscilatória.

Versiani et al. (2008) avaliaram a influência do desenho do instrumento na capacidade de modelagem de três sistemas rotatórios de NiTi. Sessenta canais mesiais curvos de molares inferiores foram examinados por meio de TC antes e após o preparo com as limas ProTaper, ProFile e Prosystem GT. As imagens transversais dos cortes nos terços apical, médio e coronal foram comparadas. Os autores concluíram que todos os instrumentos foram capazes de manter a curvatura dos canais até o diâmetro # 30, sem erros significativos.

Aydin et al. (2008) compararam a habilidade de modelagem dos instrumentos rotatórios de NiTi Hero e RaCe, em quarenta canais curvos simulados em blocos de resina. Fotografias pré e pós-operatórias foram superpostas e as mudanças foram registradas. A quantidade de material removido foi mensurada nos limites internos e externos do preparo. Os instrumentos removeram praticamente a mesma quantidade de resina nos limites internos dos canais simulados. O sistema RaCe removeu mais resina nos limites externos das curvaturas no terço apical, enquanto o sistema Hero removeu mais material dos terços médio e cervical. Os autores concluíram que os instrumentos Hero apresentaram maior habilidade de manutenção nas curvaturas dos canais simulados.

Cheung e Cheung (2008) avaliaram a segurança e a eficácia do uso dos instrumentos de NiTi ProFile e Hero combinados, para o preparo de canais com forma de C, por meio da  $\mu$ CT. Foram avaliados o diâmetro do canal e a espessura de dentina remanescente. Os resultados das secções transversais mostraram que somente algumas regiões isoladas do canal foram fisicamente preparadas pelos instrumentos rotatórios. Ainda, uma maior quantidade de dentina foi removida na parede externa do canal, no terço apical, e na parede interna, no terço cervical. Os autores concluíram que o preparo de canais em forma de C se torna incompleto quando do uso de instrumentos rotatórios, devendo ser auxiliado por irrigação ultrassônica.

Paqué et al. (2009) verificaram a geometria promovida após o preparo apical de canais radiculares em molares superiores, utilizando a  $\mu$ CT. Cento e oitenta canais radiculares utilizados em estudos anteriores foram reavaliados para a análise dos 4 mm apicais modelados com os sistemas rotatórios FlexMaster, GT, Lightspeed, ProFile, ProTaper, e também com limas manuais do tipo K. O preparo

apical foi realizado da seguinte maneira: canal mesio-vestibular (#40), canal disto-vestibular (#40), canal palatino (#45), com exceção do sistema GT, aonde o término foi realizado com #20, e do sistema ProTaper, aonde os canais mesio e disto-vestibulares foram terminados com #25 e o canal palatino com #30. Os resultados demonstraram que o preparo com limas GT promoveu o maior índice de regiões não preparadas nos canais. Os autores concluíram que a diferença no desenho do instrumento também influencia diretamente no tipo de preparo de cada sistema.

Moore et al. (2009) investigaram as mudanças no terço apical de canais radiculares após a instrumentação, comparando três técnicas: limas tipo K, utilizando a técnica de forças balanceadas; limas tipo K também com a técnica das forças balanceadas e preparo apical com instrumento FlexMaster 0.04; e a técnica híbrida ProTaper/FlexMaster. O método utilizado foi a  $\mu$ CT, aonde quarenta molares humanos foram digitalizados antes e depois da instrumentação. Foram analisados a quantidade de dentina removida, a forma final do canal e o transporte apical. Os autores concluíram que as limas de NiTi removem menor quantidade de dentina e resultam em um menor transporte do canal.

Pasternak-Júnior et al. (2009) avaliaram, por meio da TC, o transporte do canal e o índice de centralização de canais mesio-vestibulares curvos de molares superiores após o preparo biomecânico com instrumentos rotatórios RaCe de diferentes diâmetros apicais. Vinte e sete dentes foram submetidos a três exames tomográficos, um pré-operatório, e dois após o seu preparo com as limas de diâmetro # 35 e # 50. Os autores concluíram que os instrumentos RaCe permitiram a instrumentação de canais radiculares curvos com diâmetro maior, com mínimo transporte do canal e capacidade adequada de centralização.

Karabucak et al. (2010) realizaram um estudo para avaliar o transporte apical e as mudanças no comprimento de trabalho após a instrumentação de canais mesiais de molares inferiores, utilizando os sistemas rotatórios ES e Guidance V-taper. O método escolhido foi o da dupla exposição radiográfica digital, aonde eles avaliaram os parâmetros a 0, 1 e 3 mm do comprimento de trabalho. Os autores concluíram não haver diferença entre os dois sistemas em relação ao transporte apical e as mudanças no comprimento de trabalho.

Kunert et al. (2010) avaliaram a ocorrência de transporte do canal após o uso dos instrumentos ProTaper Universal F3 e F4, utilizando o método de subtração de imagens de radiográficas digitais. Vinte e cinco radiografias dos canais



radiculares de primeiros molares superiores foram tomadas nos sentidos vestibulo-lingual e méso-distal. Os resultados revelaram um grau significativamente mais elevado de transporte do canal associado com instrumentos F4 quando comparados com os instrumentos F3, nas projeções vestibulo-lingual. Os autores concluíram que os instrumentos F3 devem ser usados com cuidado em canais curvos, e que os instrumentos F4 devem ser evitados no preparo do terço apical.

Gergi et al. (2010) compararam o transporte do canal e a capacidade de centralização dos instrumentos rotatórios de NiTi TF, Pathfile associado ao sistema Protaper e de instrumentos manuais tipo K, utilizando a TC. Menos transporte e uma melhor capacidade de centralização foram encontrados nas limas TF, enquanto as limas tipo K apresentaram os maiores transportes. Concluiu-se que o sistema TF mostrou um melhor comportamento em todas as variáveis deste estudo.

Ressalta-se a necessidade de estudos continuados para trazer informações adicionais sobre as técnicas de instrumentação e sobre os instrumentos que são apresentados continuamente ao profissional.

### 3 PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar, *ex vivo*, a qualidade do preparo de canais radiculares curvos realizado pelos sistemas rotatórios de níquel-titânio Twisted File, torcidos, e EndoSequence, usinados, quanto à habilidade em manter o canal centralizado, analisando a extensão e a direção dos eventuais transportes e o índice de centralização do instrumento, por meio de cortes transversais e da microtomografia computadorizada.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Material

30 molares inferiores humanos - Banco de dentes permanentes da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (FOUSP);  
Instrumentos rotatórios - EndoSequence (Basseler, Georgia/USA);  
Instrumentos rotatórios - Twisted File (SybronEndo, CA/USA);  
Agulhas para irrigação Endo-Eze Irrigator (Ultradent- São Paulo/SP);  
Alicate (Golgran, São Paulo/SP);  
Algodão (SSplus, São Paulo/SP);  
Aparelho de Raios-X (Seletronic - Dabi Atlante, Ribeirão Preto/SP);  
Broca Endo-Z (Maillefer, Ballaigues/Swiss);  
Broca diamantada 3082 (KG Sorensen, São Paulo/SP);  
Brocas diamantadas 1014, 1015 (KG Sorensen, São Paulo/SP);  
Câmara escura (Newdent, Ribeirão Preto/SP);  
Caneta de alta rotação (Kavo do Brasil, Joinville/SC);  
Cânulas de aspiração (Ibras - Campinas/SP);  
Capillary Tip (Ultradent – São Paulo/SP);  
Cera utilidade (Wilson Polidental, São Paulo/SP);  
Colgaduras (Jon, São Paulo/SP);  
Coltosol (Vigodent, Rio de Janeiro/RJ);  
Computador (Notebook Acer, Florida/USA);  
Disco de diamante (Buehler, Illinois/USA);  
EDTA (Fórmula & Ação, São Paulo/SP);  
Esmalte de unha preto (L'oreal, Rio de Janeiro/RJ);  
Espelho clínico (Golgran, São Paulo/SP);  
Estilete de aço (Seller, São Paulo/SP);  
Explorador de ponta reta (Golgran, São Paulo/SP);  
Filmes radiográficos (Kodak E-Speed, São Paulo/SP);  
Gel de Endo-PTC (Formula e Ação, São Paulo/SP);  
Hipoclorito de sódio a 1,0 % (Formula e Ação, São Paulo/SP);

Limas tipo K #10 e #15 (Maillefer, Ballaigues, Swiss);  
Lupa estereoscópica (Olympus SZ – PT, São Paulo/SP);  
Máquina fotográfica (Canon SD-630, São Paulo/SP);  
Microscópio operatório (Alliance, São Paulo/SP);  
Micrótomo de tecido duro (Extec Labcut 1010, Tokyo/Japan);  
Microtomógrafo de Raios X (SkyScan, Kontich/Bélgica);  
Motor rotatório X-Smart (Dentsply Maillefer, Baillagues/Swiss);  
Pincel redondo pequeno (Faber-Castell, Ohio/USA);  
Placa de vidro (Jon, São Paulo/SP);  
Pontas de papel absorvente (Dentsply Maillefer, Baillagues/Swiss);  
Pregos de aço (Bateprego, São Paulo/SP);  
Programa Corel Draw X4 (Ottawa, Canadá);  
Programa CTan (SkyScan, Kontich/Bélgica);  
Programa ImageJ (National Institutes of Health, Maryland/USA);  
Programa ImageTool (Universidade do Texas/USA);  
Programa estatístico GMC 2002 (Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto/SP);  
Programa QCapture (IBM Corporation, Nova Iorque/USA);  
Régua endodôntica milimetrada (Golgran, São Paulo/SP);  
Resina de poliéster (Fiber, Campinas/SP);  
Revelador e Fixador (Kodak, São Paulo/SP);  
Seringa plástica 5 ml (Ultradent, São Paulo/SP);  
Silicona de condensação (Vigodent, Rio de Janeiro/RJ);  
Soro fisiológico (Aster, Sorocaba/SP);  
Tubo de PVC de ¾ pol (Tigre, Rio Claro/SP).

## 4.2 Métodos

O presente trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FOUSP, sob o protocolo nº 161/2008 (anexo A).

### 4.2.1 Seleção dos dentes

Foram selecionados trinta primeiros e segundos molares inferiores humanos, cedidos pelo Banco de Dentes Permanentes Humanos da FOUSP.

Os dentes preencheram os critérios de inclusão e exclusão, os quais foram verificados através de tomadas radiográficas nos sentidos vestibulo-lingual e mesio-distal.

Com base nos critérios de inclusão, os dentes selecionados deveriam apresentar câmara pulpar intacta, rizogênese completa, dois canais separados e patentes na raiz mesial.

A curvatura dos canais foi determinada levando em consideração o ângulo de curvatura (Schneider, 1971) e o raio de curvatura (Pruett et al. 1997). Foram selecionados canais com ângulo de curvatura entre 25° e 35°, mensurados com o programa Image Tool, e raio de curvatura menor do que 10 mm, mensurados com auxílio do programa Corel Draw X4.

Foram excluídos os dentes com calcificações pulpares, reabsorções, tratamento endodôntico anterior, e fraturas radiculares.

### 4.2.2 Preparo dos dentes e divisão dos grupos experimentais

Os dentes foram limpos com ultrassom e mantidos hidratados em soro fisiológico até o início do experimento (Imparato et al., 2003).

O tamanho dos dentes foi padronizado em 18 mm, através do nivelamento de suas superfícies oclusais, utilizando um disco de diamante.

Foi realizado o acesso cirúrgico com brocas esféricas diamantadas 1014 ou 1015 em alta rotação na trepanação da câmara pulpar e remoção do teto, e as brocas 3082 diamantadas e Endo-Z, também em alta rotação, para dar a forma de conveniência e alisamento às paredes do preparo.

Os canais mesiais foram explorados com um instrumento do tipo K #10 e o comprimento de trabalho determinado quando a extremidade deste instrumento fosse vista através do forame apical, com auxílio de um microscópio operatório em um aumento de oito vezes, recuando-se um milímetro.

Os trinta espécimes foram divididos aleatoriamente em dois grupos de quinze dentes, de acordo com o método a ser empregado para a avaliação dos sistemas rotatórios EndoSequence e Twisted File:

- Grupo 1: Bramante Modificado;
- Grupo 2: Microtomografia Computadorizada.

#### 4.2.3 Bramante Modificado

O método utilizado nesta etapa do estudo foi o de Bramante et al. (1987), modificado por Skelton-Macedo et al. (1999), onde através da inclusão dos dentes em blocos de resina, foi possível observar toda a circunferência do canal radicular em cortes transversais, antes e após o preparo químico-cirúrgico.

##### 4.2.3.1 Preparo das amostras – grupo 1

Os quinze molares inferiores tiveram a raiz distal amputada, com auxílio de um disco de diamante.

As câmaras pulpares foram preenchidas com bolinhas de algodão e vedadas com cera, com o objetivo de fechar as cavidades de acesso.

As raízes foram pintadas com esmalte da cor preta para evitar entrada da resina via forame apical, além de proporcionar contraste na visualização dos cortes.

Sobre uma placa de vidro, os dentes foram fixados pela face oclusal em lâminas de cera, aonde foram também fixadas duas guias metálicas cilíndricas, laterais às faces proximais dos dentes. Essas guias receberam uma camada de cera aquecida para facilitar a remoção das mesmas, sem que houvesse desajuste do bloco de resina.

Os espécimes foram levados para o interior de receptáculos obtidos a partir de tubos de PVC de  $\frac{3}{4}$  de diâmetro com aproximadamente três cm de altura. Esse receptáculo foi previamente lubrificado com vaselina. A seguir, a resina de poliéster fluida foi vertida nos receptáculos até o seu limite superior. Após 24 horas do envase da resina, os blocos contendo os dentes foram liberados dos receptáculos (Figura 4.1).

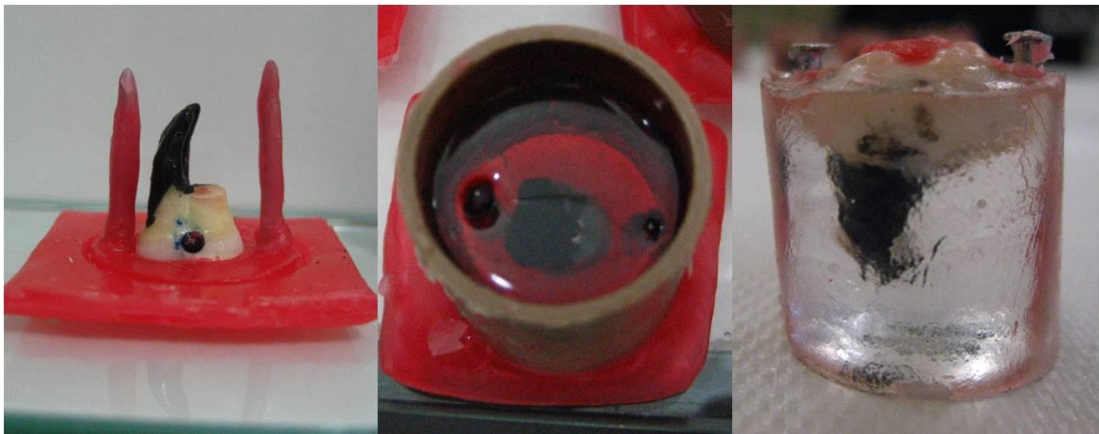


Figura 4.1 – Preparo das amostras - grupo 1

As guias metálicas foram removidas com auxílio de um alicate, e a cera e o algodão das cavidades de acesso foram retirados nessa fase do experimento.

Cada espécime incluído foi levado ao micrótomo de tecido duro, aonde foram realizados três cortes: a 2, 3,5 e 5 mm do ápice radicular, perpendiculares ao longo eixo das raízes, com disco de diamante de 0,3 mm de espessura (Figuras 4.2 e 4.3).

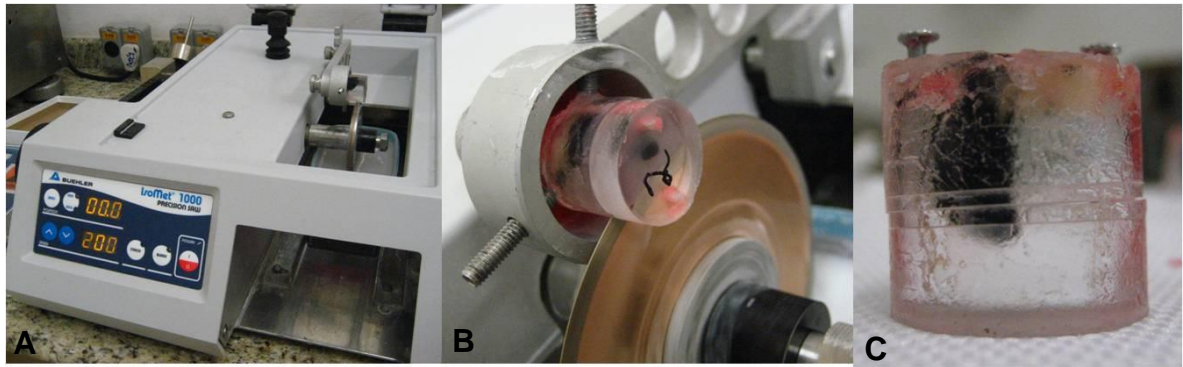


Figura 4.2 – Micrótomo de tecido duro (A), corte dos espécimes (B) e conjunto remontado após os cortes (C)

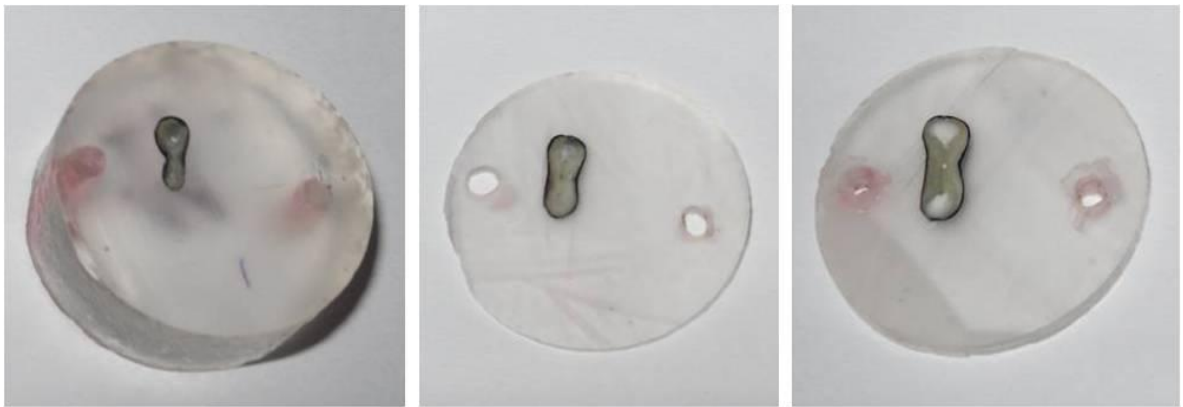


Figura 4.3 – Cortes a 2,0, 3,5 e 5,0 mm do ápice radicular

#### 4.2.3.2 Leitura das medidas - grupo 1

Em cada corte transversal, foi medida a maior distância entre os limites do canal não instrumentado e os limites da raiz, nas direções mesial e distal. Para auxiliar na leitura das medidas, foram confeccionadas retas tangentes às faces proximais das raízes, utilizando-se uma régua metálica e um estilete de aço, com o auxílio de uma lupa estereoscópica (Figura 4.4).



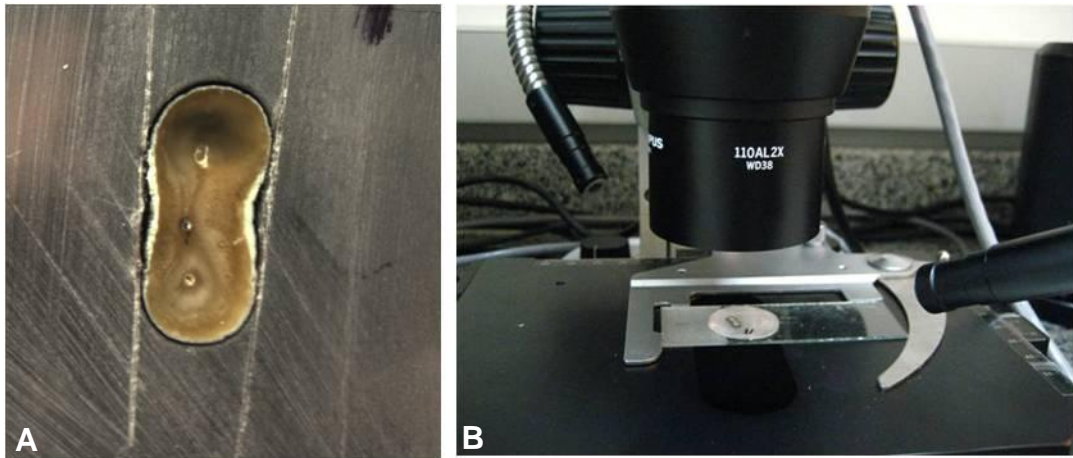


Figura 4.4 – Retas tangentes às faces proximais das raízes (A) e corte posicionado na lupa estereoscópica (B)

As imagens dos cortes (Apêndice A) foram capturadas pelo programa QCapture, utilizando uma máquina fotográfica digital acoplada à lupa estereoscópica, sob aumento de 13,4 vezes, e armazenadas em um computador para posterior leitura com o programa ImageJ.

Em seguida, os dentes foram remontados com auxílio das guias metálicas e submetidos à fase de instrumentação rotatória.

Terminados os preparos, as guias metálicas foram removidas e os espécimes, separados, foram levados à lupa estereoscópica pra obtenção de novas imagens, utilizando os mesmos pontos de referência, da maneira descrita anteriormente (Figura 4.5).

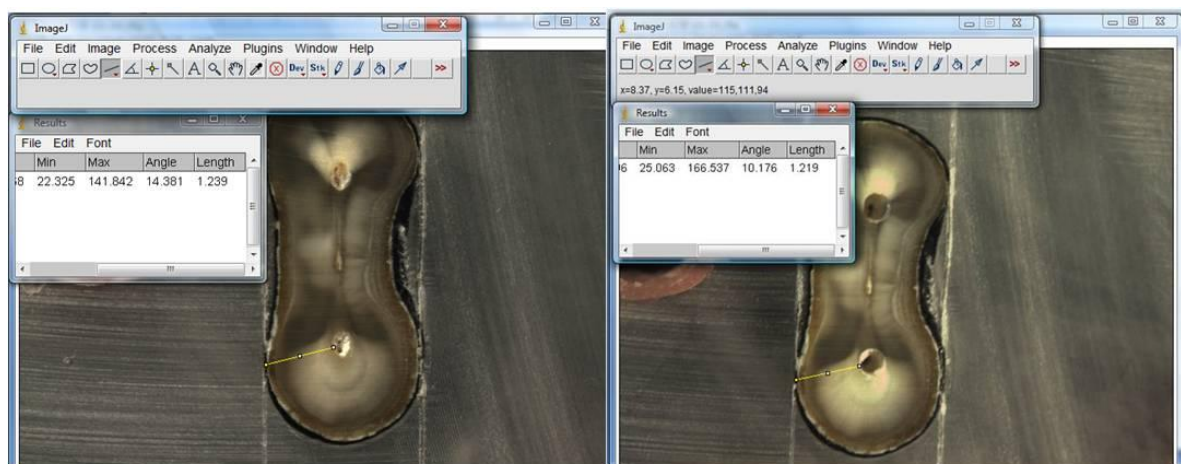


Figura 4.5 – Leitura das medidas pré e pós-operatórias no programa ImageJ

#### 4.2.4 Microtomografia Computadorizada

Para a realização desta etapa da pesquisa foi utilizado o método da Microtomografia Computadorizada, o qual oferece dados reprodutíveis que possibilitam comparações antes e após a instrumentação, sem qualquer alteração dos espécimes.

##### 4.2.4.1 Preparo das amostras – grupo 2

Os dentes foram incluídos em material de moldagem de alta precisão a base de vinil polisiloxano, com as cavidades de acesso voltadas para baixo (Cheung; Cheung, 2008), e montados em um suporte para amostra com diâmetro interno de 15 mm (Figura 4.6).



Figura 4.6 – Preparo das amostras - grupo 2

A réplica negativa da estrutura coronária e da cavidade de acesso permitiram um reposicionamento preciso do dente ao porta-amostra, durante a aquisição das imagens pré e pós operatórias. O porta-amostra foi então firmemente fixado à mesa giratória do aparelho, por meio de um parafuso de aperto manual (Figura 4.7).

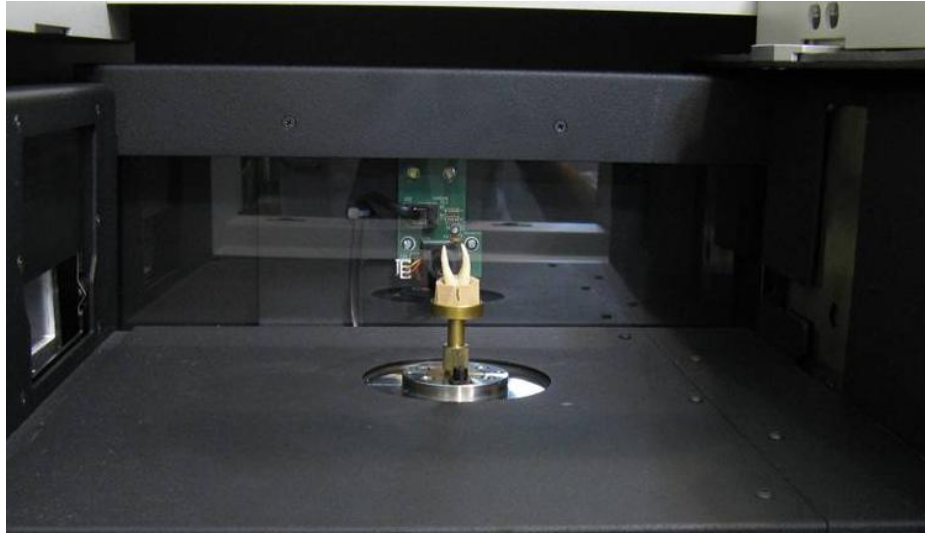


Figura 4.7 – Amostra posicionada no porta-amostra

#### 4.2.4.2 Exames Tomográficos

As amostras foram submetidas a exames tomográficos através do Microtomógrafo de raios-X SkyScan 1172 (Figura 4.8), localizado na Embrapa Instrumentação Agropecuária em São Carlos-SP.



Figura 4.8 - Microtomógrafo de raios-X SkyScan 1172

Este aparelho é composto por um tubo de raios-X de microfoco com fonte de alta tensão, um porta-amostra com manipulador de precisão e um detector baseado em uma câmera de 10 Mp conectados a um computador para aquisição de dados, interligado em rede a um cluster de computadores utilizado na reconstrução das imagens tomográficas (Lasso et al. 2008) (Figura 4.9).

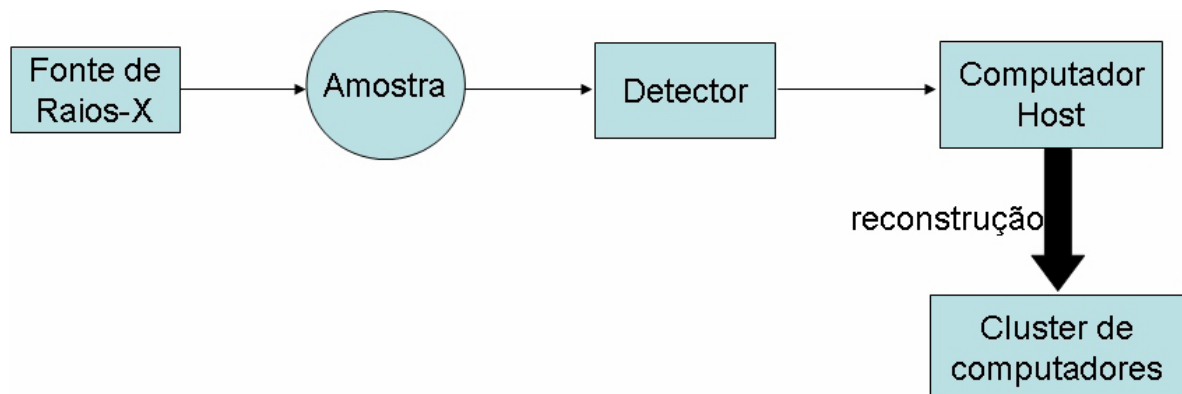


Figura 4.9 - Composição do aparelho Microtomógrafo de raios-X SkyScan 1172

Os parâmetros utilizados neste trabalho foram determinados a partir de um exame piloto. Os espécimes foram escaneados com uma potência de 89 KV e 112  $\mu$ A, rotacionados a 180° com 0,4° de velocidade de rotação, produzindo uma imagem com tamanho de pixel 11,84  $\mu$ m  $\times$  11,84  $\mu$ m. O filtro utilizado foi o de alumínio 0,5 mm.

As imagens das secções transversais foram reconstruídas a partir das imagens das projeções angulares por meio do algoritmo de reconstrução de feixe cônico de Feldkamp modificado, que roda no cluster de computadores.

A análise de cada amostra exigiu cerca de uma hora e quinze minutos no total: quarenta e cinco minutos para a digitalização e trinta minutos para o processo de reconstrução.

Em seguida, os espécimes foram removidos do porta-amostra e submetidos à fase de instrumentação rotatória.

Após a realização dos preparos, cada espécime foi reposicionado no porta-amostra e novas imagens tomográficas foram obtidas utilizando-se os mesmos parâmetros.

#### 4.2.4.3 Leitura das medidas - grupo 2

Para a realização da leitura das medidas pré e pós operatórias foi utilizado o programa CTan, que analisa os parâmetros quantitativos e constrói modelos visuais a partir de bancos de dados digitalizados com o Microtomógrafo SkyScan.

Foram selecionados os cortes axiais correspondentes às distâncias de 2, 3,5 e 5 mm do ápice radicular (Apêndice B), aonde foram medidas a maior distância entre os limites do canal não instrumentado e os limites da raiz, nas direções mesial e distal. Após a instrumentação, os mesmos pontos de referência foram utilizados para a tomada das novas medidas (Figura 4.10).

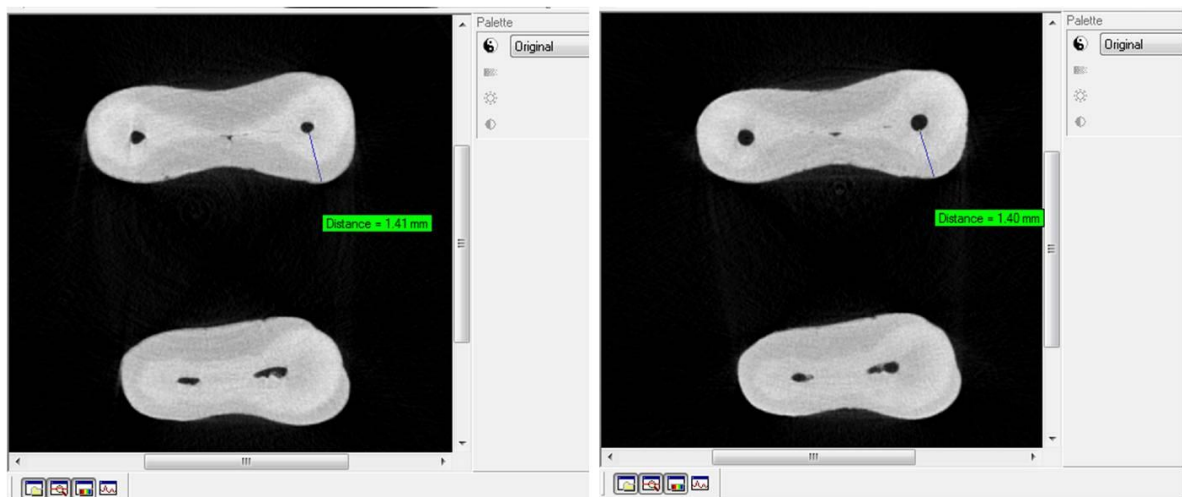


Figura 4.10 - Leitura das medidas pré e pós-operatórias no programa CTan



#### 4.2.5 Instrumentação Rotatória

Em cada grupo experimental, os canais mesio-vestibulares foram instrumentados com o sistema Twisted File e os canais mesio-linguais com o sistema EndoSequence (Figura 4.11).



Figura 4.11 - Instrumentos Twisted File e EndoSequence

Foi realizada uma exploração inicial com limas manuais do tipo K #10 e #15 com o objetivo de criar um caminho livre para o uso dos instrumentos. Em seguida, as entradas dos canais foram preparadas com brocas Gates-Glidden # 2 e # 3, em baixa rotação.

Os sistemas foram empregados com a técnica coroa-ápice, seguindo as instruções do fabricante. A seqüência de instrumentos utilizada foi: 30/0.06, 25/0.06 e 25/0.04, e a cada cinco canais, a mesma era substituída por uma nova.

Para o acionamento dos instrumentos, foi utilizado o motor elétrico X-Smart, com controle de torque desligado e velocidade de 500 rpm.

Como substância química auxiliar da instrumentação, em todos os grupos foi utilizado 3 ml de Hipoclorito de Sódio a 1% em conjunto com gel de Endo PTC, a cada troca de instrumento. A irrigação final foi realizada com 5 ml de EDTA T a 17%, seguido de mais 5 ml de Hipoclorito de Sódio a 1%.

Ao final do preparo químico-cirúrgico, os canais foram aspirados com uma cânula suctora do tipo Capillary Tip e secos com pontas de papel absorvente estéreis. A câmara pulpar foi selada com material restaurador temporário.

#### 4.2.6 Metodologia de avaliação e análise dos resultados

Em ambos os grupos, através das medidas obtidas nas imagens pré e pós-operatórias a 2,0, 3,5 e 5,0 mm do ápice radicular, foi possível mensurar a distância real entre os pontos de interesse para o cálculo do transporte do canal e do índice de centralização do instrumento (IC).

##### 4.2.6.1 Transporte do canal

O transporte do canal correspondeu à variação do desvio do eixo central do canal radicular após a sua instrumentação. A extensão e a direção do transporte do canal foram determinadas através da medida da distância entre os limites do canal não instrumentado e os limites da raiz, nas direções mesial e distal, e depois comparadas com as mesmas medidas em relação ao canal instrumentado.

O cálculo do transporte, em milímetros, foi baseado na fórmula  $[(X1-X2) - (Y1-Y2)]$  (Gambill et al. 1996), onde X1 é a distância entre as porções distais da raiz e do canal não instrumentado e X2 é a distância entre as porções distais da raiz e do canal instrumentado; e Y1 é a distância entre as porções mesiais da raiz e do canal não instrumentado e Y2 é a distância entre as porções distais da raiz e do canal instrumentado.

O confronto entre as medidas pré e pós-operatórias indicou qual a região mais desgastada, mostrando a existência ou não de desvios da trajetória do canal.

A partir dos resultados da fórmula acima, um valor negativo indicou que o transporte ocorreu no sentido distal e um valor positivo indicou que o mesmo ocorreu no sentido mesial. Por sua vez, o resultado 0 (zero) indicou ausência de transporte.

#### 4.2.6.2 *Índice de centralização do instrumento*

O índice de centralização é a medida da habilidade do instrumento em permanecer no eixo central do canal. Este índice foi calculado em cada secção, utilizando os valores obtidos durante o cálculo do transporte, a partir da seguinte razão:  $(X1-X2)/(Y1-Y2)$ , aonde o numerador sempre foi aquele de menor valor absoluto. Um resultado igual a 1 (um) indicou perfeita capacidade de centralização. Quanto mais próximo de zero, pior a habilidade do instrumento em manter-se no eixo central do canal.

Todos os dados foram tabulados e submetidos à análise estatística utilizando-se o programa GMC 2002.



## 5 RESULTADOS

Os resultados deste trabalho foram submetidos ao teste de aderência à curva normal, apresentando uma distribuição amostral não normal (Apêndice C). Desta forma, empregou-se o teste estatístico não-paramétrico Mann-Whitney para as comparações duas a duas (Apêndices D e E).

### 5.1 Transporte do canal

Os valores originais do transporte do canal, expresso em milímetros, obtido pelos sistemas Twisted File e EndoSequence, a 2,0, 3,5 e 5,0 mm do ápice radicular, no grupo 1 (Bramante Modificado) e no grupo 2 ( $\mu$ CT), encontram-se nos apêndices F e G, respectivamente. As médias e os desvios-padrão estão apresentados na tabela 5.1 e ilustrados na figura 5.1.

Tabela 5.1 - Médias e desvios-padrão do transporte do canal promovido pelos sistemas TF e ES nos grupos 1 e 2

SISTEMA	MÉTODO DE AVALIAÇÃO	Nível da secção a partir do ápice radicular			Total
		2,0 mm	3,5 mm	5,0 mm	
TF	G1 - Bramante Modificado	0,07 ± 0,06	0,09 ± 0,07	0,13 ± 0,08	0,10 ± 0,04
	G2 - $\mu$ CT	0,06 ± 0,05	0,04 ± 0,03	0,07 ± 0,07	0,06 ± 0,03
ES	G1 - Bramante Modificado	0,08 ± 0,06	0,07 ± 0,07	0,09 ± 0,07	0,08 ± 0,04
	G2 - $\mu$ CT	0,03 ± 0,03	0,08 ± 0,05	0,05 ± 0,04	0,06 ± 0,03

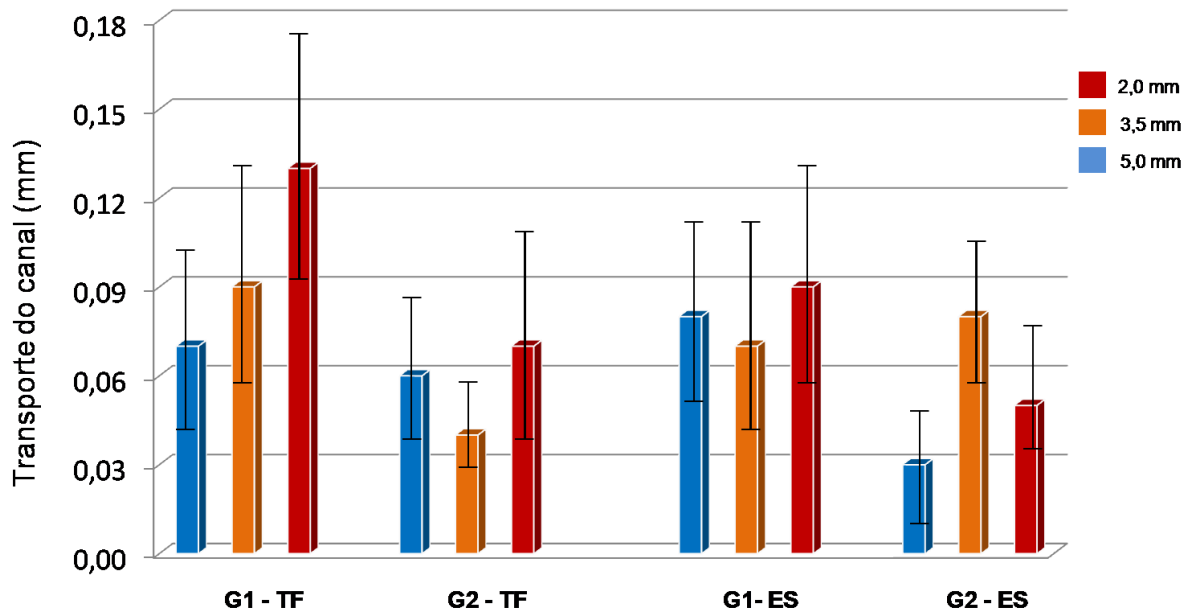


Figura 5.1 - Médias e desvios-padrão do transporte do canal promovido pelos sistemas TF e ES nos grupos 1 e 2

Os resultados mostraram que, somando-se os três cortes, o sistema TF promoveu um transporte do canal significativamente menor no grupo 2 do que no grupo 1 ( $p < 0,05$ ). Quando comparados os dois métodos, em cada secção transversal, o sistema TF também promoveu menos transporte no grupo 2, nos cortes 3,5 e 5,0 mm ( $p < 0,05$ ), porém a 2,0 mm do ápice radicular não houve diferença estatística significativa entre os dois métodos ( $p > 0,05$ ).

O transporte do canal promovido pelo sistema ES, somando-se os três cortes, foi semelhante nos dois grupos experimentais, não havendo diferença estatística significativa entre os métodos ( $p > 0,05$ ). Entretanto, quando analisado cada secção transversal separadamente, a 2,0 mm do ápice radicular o transporte foi menor no grupo 2, estatisticamente significativo ( $p < 0,05$ ). Nos cortes 3,5 e 5,0 mm, não houve diferença estatística entre os grupos ( $p > 0,05$ ).

Quando realizada a comparação entre os métodos, independentemente do instrumento utilizado, o transporte do canal foi significativamente menor (0,17 mm) no grupo 2, do que no grupo 1 (0,27 mm) ( $p < 0,05$ ).

Analisando cada grupo separadamente, o transporte do canal promovido pelos sistemas TF e ES foi semelhante em todos os cortes estudados com o método

de Bramante Modificado ( $p > 0,05$ ). O mesmo vale para a  $\mu$ CT, aonde o transporte do canal somando os três cortes não mostrou diferença significativa ( $p > 0,05$ ). Entretanto, na análise de cada secção, houve diferença estatística significativa apenas para a 3,5 mm, quando o sistema TF causou menos transporte do canal do que o sistema ES ( $p < 0,05$ ).

### 5.1.2 Direção do transporte do canal

Os dados originais da direção do transporte do canal nos sentidos mesial e distal, para os dois grupos experimentais encontram-se nos apêndices F e G. Quando os desgastes nas paredes mesial e distal da raiz foram iguais, o transporte do canal não ocorreu, sendo considerado com sentido nulo.

Em ambos os grupos, os dois instrumentos se comportaram de modo semelhante, apresentando uma frequência de desvio tanto para o sentido mesial quanto distal, sem um padrão de transporte. As tabelas 5.2 e 5.3 descrevem a direção do transporte do canal nos grupos 1 e 2, respectivamente.

Tabela 5.2 - Frequência da direção do transporte pelo método de Bramante Modificado (grupo 1)

SISTEMA	SENTIDO	Nível da secção transversal a partir do ápice radicular						Total	
		2,0 mm		3,5 mm		5,0 mm			
		n	%	n	%	n	%	n	%
TF	MESIAL	8	53,33	3	20	9	60	20	44,44
	DISTAL	6	40	9	60	6	30	21	46,66
	NULO	1	6,66	3	20	0	0	4	8,88
ES	MESIAL	6	40	9	60	5	40	20	44,44
	DISTAL	8	55,33	6	40	9	53,33	23	51,11
	NULO	1	6,66	0	0	1	6,66	2	4,44

Tabela 5.3 - Frequência da direção do transporte pelo método da  $\mu$ CT (grupo 2)

SISTEMA	SENTIDO	Nível do corte a partir do ápice radicular						Total	
		2,0 mm		3,5 mm		5,0 mm			
		n	%	n	%	n	%	n	%
TF	Mesial	6	40	10	66,66	8	53,33	24	53,33
	Distal	7	46,66	2	13,33	7	46,66	16	35,55
	Nulo	2	13,33	3	20	0	0	5	11,11
ES	Mesial	6	40	13	86,66	7	46,66	26	57,77
	Distal	7	46,66	1	6,66	7	46,66	15	33,33
	Nulo	2	13,33	1	6,66	1	6,66	4	8,88

## 5.2 Índice de centralização do instrumento

Os valores originais do IC dos sistemas Twisted File e EndoSequence, a 2,0, 3,5 e 5,0 mm do ápice radicular, no grupo 1 (Bramante Modificado) e no grupo 2 ( $\mu$ CT), encontram-se no apêndice H. As médias e os desvios-padrão estão apresentados na tabela 5.4 e ilustrados na figura 5.2.

Tabela 5.4 - Médias e desvios-padrão do IC para os sistemas TF e ES nos grupos 1 e 2

SISTEMA	MÉTODO DE AVALIAÇÃO	Nível da secção a partir do ápice radicular			Total
		2,0 mm	3,5 mm	5,0 mm	
TF	G1 - Bramante Modificado	0,42 ± 0,30	0,49 ± 0,30	0,41 ± 0,20	0,44 ± 0,30
	G2 - $\mu$ CT	0,43 ± 0,30	0,63 ± 0,23	0,50 ± 0,21	0,52 ± 0,25
ES	G1 - Bramante Modificado	0,46 ± 0,27	0,60 ± 0,29	0,54 ± 0,32	0,54 ± 0,29
	G2 - $\mu$ CT	0,60 ± 0,27	0,42 ± 0,25	0,58 ± 0,24	0,53 ± 0,25

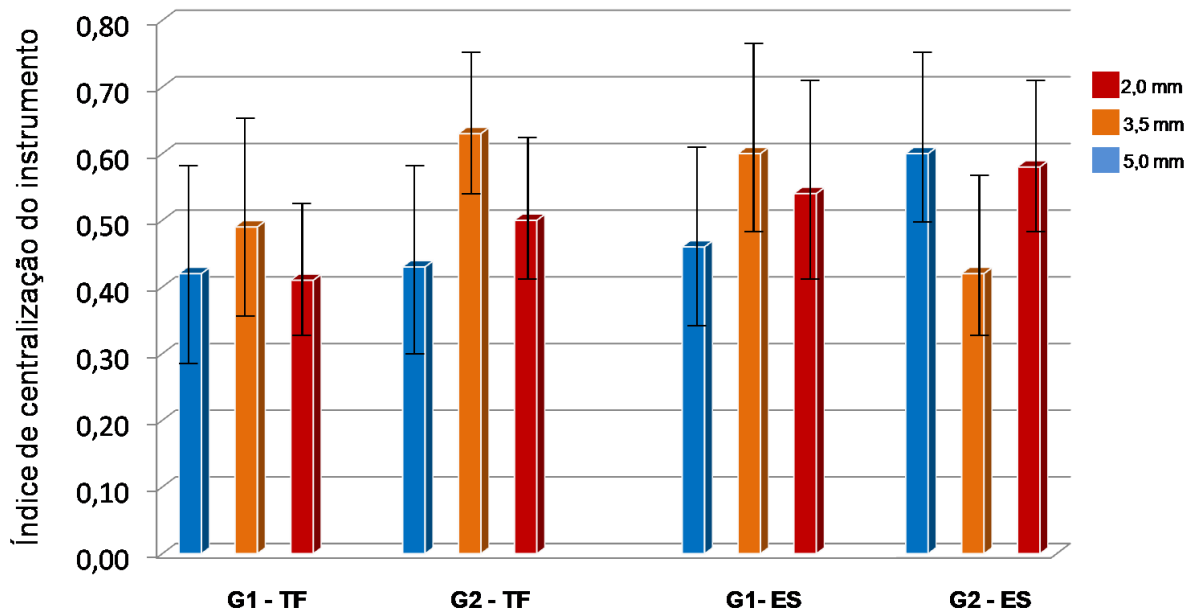


Figura 5.2 – Médias e desvios-padrão do IC para os sistemas TF e ES nos grupos 1 e 2

Os resultados do teste estatístico mostraram que não houve diferença significativa entre os métodos, para nenhum dos sistemas testados ( $p > 0,05$ ).

No método de Bramante Modificado, os sistemas TF e ES se comportaram de modo semelhante quanto ao IC, não havendo diferença estatística significativa em nenhum dos cortes estudados ( $p > 0,05$ ).

No grupo 2, a mesma comparação dos sistemas, somando-se os três cortes, não foi estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ). Entretanto, avaliando cada secção transversal separadamente, a 3,5 mm do ápice radicular, o IC do sistema TF foi significativamente maior do que o do sistema ES ( $p < 0,05$ ).

## 6 DISCUSSÃO

A importância da fase do preparo do canal radicular no tratamento endodôntico reflete a quantidade de trabalhos na literatura que estudaram com detalhes as técnicas de instrumentação e as propriedades dos instrumentos endodônticos.

É durante a instrumentação que ocorre a verdadeira limpeza e desinfecção do sistema de canais, através da atuação dos instrumentos removendo dentina contaminada, juntamente com as substâncias químicas auxiliares (Hall, 1930; Bender et al., 1964). O resultado final deve configurar um formato cônico progressivo com respeito à anatomia original do canal radicular (Schilder, 1974; Paiva; Antoniazzi, 1988).

Realizar o preparo de canais curvos através de um desgaste homogêneo centralizado de suas paredes é um grande desafio, pois acidentes operatórios como transporte, degraus e perfurações são passíveis de ocorrer.

A fim de evitar tais inconvenientes, diversos autores propuseram, ao longo dos anos, diferentes técnicas de instrumentação, especialmente para canais com curvaturas acentuadas, tais como: o uso de instrumentos pré-curvados (Ingle, 1961; Weine et al., 1970); técnicas de escalonamento com recuo progressivo (Clem, 1969); pré-alargamento com instrumentos rotatórios (Mullaney, 1979; Abou-Rass; Jastrab, 1982; Torabinejad, 1994); desgaste anticurvatura (Abou-Rass et al. 1980); preparo no sentido coroa-ápice (Marshall; Pappin, 1980; Morgan; Montgomery, 1984); técnica das forças balanceadas (Roane et al., 1985; Calhoun; Montgomery, 1988); movimentos oscilatórios (De Deus, 1992); movimentos contínuos de rotação alternada (Siqueira Jr. et al., 1999).

Igualmente, os instrumentos endodônticos foram evoluindo, e melhorias, desde a sua normatização, até alterações no desenho e no seu modo de confecção têm sido propostas, objetivando a construção de instrumentos mais adequados para o preparo de canais curvos (Ingle, 1955; 1961; Craig; Peyton, 1963; Craig et al., 1968; Weine et al., 1975; Roane et al., 1985; Bombana, 1986; Wildey; Senia, 1989; Seto et al., 1990; Santos, 1994; 2002; Kuhn et al., 1997; Buchanan, 2000; Gavini, 2006; Mounce, 2008).

Uma nova liga, composta por níquel e titânio, foi introduzida na ortodontia por Andreasen e Hilleman (1971), em razão de suas propriedades de elasticidade e resistência à fratura. Na tentativa de superar as limitações apresentadas pelos instrumentos confeccionados em aço inoxidável, os primeiros instrumentos endodônticos feitos em liga de NiTi foram testados por Walia et al. (1988). Por meio de ensaios mecânicos, os autores observaram que eles apresentavam duas ou três vezes mais flexibilidade, assim como superior resistência à fratura por torção, quando comparados com as limas de aço inoxidável.

Kuhn et al. (1997) estudaram o efeito da modificação no desenho da ponta de limas manuais de aço inoxidável e de NiTi, na instrumentação de canais curvos, e encontraram menor desvio apical com os instrumentos feitos em NiTi.

A introdução de instrumentos de NiTi contribuiu consideravelmente para a melhora na qualidade da modelagem dos canais. Suas propriedades de elasticidade e flexibilidade possibilitaram o desenvolvimento de técnicas rotatórias contínuas que permitem que o instrumento corte a dentina em um movimento circular, evitando desvios durante a instrumentação (Thompson, 2000; Bergmans et al., 2001; Peters, 2004).

Entretanto, a fratura dessas limas ainda é a maior preocupação com o uso das técnicas rotatórias na instrumentação dos canais radiculares (Bergmans et al., 2001; Santos, 2002; Gavini, 2006; Brisighello, 2008).

As propriedades mecânicas e o comportamento dos instrumentos variam de acordo com a composição química da liga metálica, as características de produção e o tratamento termomecânico aplicado durante a fabricação.

Tradicionalmente, os instrumentos de NiTi são fabricados por usinagem, aonde uma haste metálica de seção reta circular é submetida ao corte com fresas, obtendo-se instrumentos com diferentes características. Este processo resulta, geralmente, em uma superfície com alta concentração de defeitos, tais quais rebarbas, cavidades, riscos, que podem comprometer a habilidade de corte, facilitar a corrosão do instrumento e o aparecimento de microtrincas (Thompson, 2000; Santos et al., 2007; Herold et al., 2007).

Existem tratamentos termomecânicos que alteram a superfície dos instrumentos, minimizando os defeitos decorrentes de sua fabricação por usinagem,

umentando a sua dureza superficial, capacidade de corte e vida útil. São exemplos, o tratamento térmico recristalizador (Santos, 1994) e a implantação iônica de nitrogênio (Costa, 2002; Santos, 2002; Gavini, 2006).

Alguns instrumentos podem ser fabricados pelo método de torção, em que uma haste metálica é presa em uma de suas extremidades, e em seguida é submetida à rotação, gerando hélices na forma de espirais, com arestas vivas, responsáveis pelo corte dos instrumentos (Seto et al., 1990; Santos et al., 2007).

Em função da grande maleabilidade da liga de NiTi, a fabricação dos instrumentos rotatórios somente era possível pelo processo de usinagem.

Mais recentemente, um processo de produção completamente diferente foi desenvolvido para criar uma nova lima, denominada Twisted File. Ele usa a torção de uma haste em combinação com um tratamento térmico para aumentar a elasticidade e a resistência à fadiga cíclica. Desta forma, um fio de NiTi na fase austenita da estrutura cristalina, através de um processo de aquecimento e refrigeração, é transformado na fase denominada Romboédrica (fase R), intermediária das fases austenita e martensita, aonde é possível torcer o instrumento, criando-se estrias e dentes de corte. Depois da torção, a lima é aquecida e resfriada novamente para manter a nova forma (Mounce, 2008).

O presente trabalho analisou a qualidade do preparo de dois instrumentos rotatórios de NiTi fabricados por processos distintos: Twisted File, torcidos e EndoSequence, usinados. Hipotetizamos se instrumentos fabricados por torção teriam um comportamento diferente no preparo dos canais radiculares, no que diz respeito à habilidade em manter o canal centralizado.

Para quantificar o transporte do canal, este estudo comparou imagens de secções transversais, obtidas por dois métodos de diferentes. No grupo 1 utilizou-se o método de Bramante et al. (1987), modificado por Skelton-Macedo et al. (1999), onde através da inclusão dos dentes em blocos de resina, é possível observar toda a circunferência do canal radicular em cortes transversais.

Essa metodologia é largamente utilizada, e possui como principal vantagem a possibilidade de comparar o canal antes e após a instrumentação (Calhoun; Montgomery, 1988; Campos; Del Rio, 1990; Leseberg; Montgomery, 1991; Imura et al., 2001; González-Rodríguez; Ferrer-Luque, 2004; Paqué et al., 2005; Al-Sudani;



Al-Shahrani, 2006). Ainda, por se tratar do seccionamento do próprio espécime, é possível a observação real das paredes do canal e das áreas de istmo, e a análise das regiões não tocadas pelo instrumento (Rödig et al., 2007).

Nielsen et al. (1995) e Peters et al. (2000) apontam como limitações do sistema de cortes transversais, o fato de permitir avaliação dos preparos somente em alguns locais ao longo do comprimento do canal e não na sua totalidade, além de ser um método invasivo, produzindo alterações irreversíveis na amostra.

A literatura relata uma série de outras metodologias utilizadas para avaliar a instrumentação dos canais radiculares e as suas conseqüências, tais como: injeção de silicone nos canais de dentes extraídos (Davis et al., 1972; Abou-Rass; Jastrab, 1982), blocos de resinas com canais simulados (Weine et al., 1975; Lim; Webber, 1985; Aydin et al., 2008), observações histológicas (Walton, 1976), sobreposição radiográfica (Southard et al., 1987; Sydney et al., 1991; Iqbal et al., 2004; Karabucak et al., 2009).

No entanto, limitações inerentes a estes métodos têm sido repetidamente discutidas, incentivando a procura por tecnologias que possibilitem avaliações em três dimensões, quantitativas e qualitativas do preparo do canal radicular.

Na tentativa de realizar comparações tridimensionais entre as técnicas de preparo do canal radicular, Berutti (1993), a partir das fotografias das secções transversais de raízes mesiais de molares inferiores, construiu um modelo tridimensional computadorizado da imagem do canal radicular antes e após a instrumentação. Entretanto, este método ainda necessitava que cortes físicos fossem realizados nas amostras.

O advento da tomografia computadorizada concretizava a possibilidade de visualização das imagens dos canais radiculares em três dimensões. Pesquisadores começaram a estudar mais profundamente esta ferramenta como método de pesquisa endodôntica (Tachibana; Matsumoto, 1990; Nielsen et al., 1995; Gambill et al., 1996; Bjorndal et al., 1999; Rhodes et al., 1999; Peters et al., 2000; Bergmans et al., 2001; Hartmann et al., 2007; Versiani et al., 2008; Pasternak-Júnior et al., 2009).

Avanços tecnológicos, levando ao desenvolvimento de microtomógrafos, aliados a avanços no software, aprimoraram a resolução das imagens, diminuindo também o tempo necessário para escaneamento das amostras, incentivando cada

vez mais a realização de pesquisas com esta tecnologia (Peters et al., 2001; Bergmans et al., 2003; Loizides et al., 2007; Moore et al., 2009; Paqué et al., 2009).

No grupo 2 deste trabalho, os sistemas Twisted File e EndoSequence foram comparados através do método da Microtomografia Computadorizada.

A  $\mu$ CT possui a grande vantagem de ser um método não-invasivo, além de permitir avaliação não somente da ação dos instrumentos no interior dos canais radiculares, como também da anatomia interna e externa detalhada dos dentes (Peters et al., 2001; Bergmans et al., 2003), sendo também considerada uma importante ferramenta educacional para treinamento pré-clínico em Endodontia (Bjorndal et al., 1999; Rhodes et al., 1999; Peters et al., 2000; Bergmans et al., 2001).

Ainda, os dados armazenados no software dos tomógrafos permitem que as imagens sejam salvas e depois trabalhadas, tridimensionalmente, em qualquer área de interesse do dente, para análises comparativas ou qualitativas (Peters et al., 2000; Bergmans et al., 2001). Paqué et al. (2009) puderam desenvolver um estudo sobre a geometria apical do canal radicular obtido após preparo com seis técnicas diferentes, a partir dos dados armazenados de trabalhos anteriores que utilizaram a  $\mu$ CT como método.

As amostras do presente trabalho foram analisadas no Microtomógrafo de raios-X SkySan 1172, localizado na Embrapa Instrumentação Agropecuária, em São Carlos-SP. Este aparelho é composto por um tubo de raios-X de microfoco, utilizado para examinar objetos com estruturas muito pequenas, obtendo magnificações maiores do que os tomógrafos convencionais, com um ganho efetivo de resolução espacial (Lasso et al., 2008).

Para possibilitar o escaneamento individual, cada dente foi incluído em material de moldagem de alta precisão a base de vinil polisiloxano, com a cavidade de acesso voltada para baixo (Cheung; Cheung, 2008), para que a réplica negativa da estrutura coronária permitisse o reposicionamento do espécime ao porta-amostra, durante a aquisição das imagens pré e pós operatórias.

Os dentes não tiveram nenhuma raiz seccionada, a fim de assegurar umas das principais vantagens do método, que é a manutenção da integridade do espécime. Entretanto, Loizides et al. (2007) seccionaram a raiz distal para melhorar

a acurácia da imagem, aproximando as raízes mesiais da fonte de raios-x do aparelho. No presente estudo, conseguiu-se um tamanho de pixel  $11,84 \mu\text{m} \times 11,84 \mu\text{m}$ , mesmo sem remoção da raiz distal, concordando com os trabalhos de Peters et al. (2001) e Paqué et al. (2009), que também não procederam a secções radiculares.

Uma desvantagem do método da TC foi relatada por Tachibana e Matsumoto (1990), Gambill et al. (1996), Gluskin et al. (2001). Esses autores encontraram pouca definição do espaço do canal radicular, quando da observação das imagens de TC, principalmente no terço apical. Acredita-se que essa dificuldade deveu-se a pouca definição dos aparelhos de tomografia utilizados, se comparados com aparelhos de microtomografia, como o do presente trabalho, em que os cortes obtidos são micrométricos.

Com o aprimoramento do método, a espessura do corte da  $\mu\text{CT}$  foi cada vez mais reduzida. Peters et al. (2000) considera que cortes de espessura entre 34 a 68  $\mu\text{m}$  já produzem uma qualidade de imagem aceitável para o estudo da anatomia interna, uma vez que as mudanças do canal radicular em seu longo eixo ocorrem gradualmente. Rhodes et al. (2000) e Moore et al. (2009) concordam que a  $\mu\text{CT}$  é uma excelente alternativa para avaliar a região apical do canal radicular.

Bergmans et al. (2003) e Loizides et al. (2007) colocaram como limitações da tomografia, o alto custo e o tempo necessário para o exame, em média 3 horas para cada dente. Porém, neste estudo, o tempo despendido para a execução das tomadas tomográficas não foi maior do que quarenta e cinco minutos para cada espécime, seguido de mais e trinta minutos para o processo de reconstrução da imagem.

A opção pela utilização de duas metodologias diferentes nesta pesquisa teve por objetivo comparar um método tradicional e bastante utilizado na avaliação do preparo do canal radicular, o qual permite análises pré e pós-operatórias, com um método mais moderno, porém pouco explorado no Brasil, que também possibilita avaliações antes e após o preparo. A partir das imagens tomográficas dos cortes axiais das raízes, foi possível realizar uma comparação direta entre os dois métodos.

Estudos através de tomografias já demonstraram correspondência com o método de cortes transversais, assegurando que a tomografia reproduz as dimensões do canal radicular com fidelidade (Gambill et al., 1996; Rhodes et al.,

1999). Rhodes et al. (2000) compararam qualitativamente as imagens de  $\mu$ CT com fotografias dos cortes transversais correspondentes a 2,0; 3,0; 4,5; 6,0 e 7,5 mm do ápice radicular de molares inferiores, e encontraram uma alta significância de correlação entre as imagens.

No presente trabalho, foram selecionados cortes a 2,0, 3,5 e 5,0 mm do ápice radicular, com o objetivo avaliar a porção curva dos canais radiculares, assim como nos estudos de Imura et al. (2001), Hartmann et al. (2007) e Paqué et al. (2009). Outros autores optaram por analisar os três terços do canal radicular, trabalhando em toda a extensão da raiz (Gambill et al., 1996; Rhodes et al., 2000; Gluskin et al., 2001; Paqué et al., 2005; Loizides et al., 2007).

Foram utilizadas trinta raízes mesiais de molares inferiores humanos extraídos, que possuíssem dois canais mesiais distintos, com o intuito de eliminar as variáveis encontradas em canais radiculares de diferentes dentes e assegurar um melhor padrão de homogeneidade da amostra. Além disso, esse grupo dental possui características anatômicas que possibilitam uma maior aproximação da realidade clínica e da dificuldade no preparo de canais curvos. Outros autores tiveram o mesmo cuidado (Leseberg; Montgomery, 1991; Gluskin et al., 2001; Imura et al., 2001; Bergmans et al., 2003; Paqué et al., 2005; Al-Sudani; Al-Shahrani, 2006; Rödiger et al., 2007; Loizides et al., 2007; Karabucak et al., 2010).

Os trinta espécimes foram divididos aleatoriamente em dois grupos de 15, de forma homogênea, conforme os valores dos ângulos e raios de curvatura. A curvatura dos canais foi determinada levando em consideração o ângulo de curvatura (Schneider, 1971) e o raio de curvatura (Pruett et al., 1997). Foram selecionados canais com curvatura considerada severa, com ângulo entre 25° e 35° (Gergi et al., 2010), e raio menor do que 10 mm (Lopes et al., 1998; Versiani et al., 2008; Pasternak-Júnior et al., 2009; Gergi et al., 2010).

Pruett et al. (1997) foram os primeiros autores a considerarem a geometria do canal como um fator relacionado à ocorrência de transporte, afirmando que, quanto menor o raio, mais abrupta é a curvatura, e maior a sua influência no transporte do canal. Os trabalhos mais recentes também consideram o raio da curvatura das raízes um fator importante a ser levado em consideração para a utilização segura dos instrumentos rotatórios, tanto na prática clínica, quanto em

pesquisas (Peters, 2004; Moore et al., 2009; Pasternak-Júnior et al., 2009; Gergi et al., 2010).

O comprimento de trabalho também foi padronizado em 18 mm, assim como em outros estudos (Pasternak-Junior et al., 2009; Gergi et al. 2010).

Os canais foram explorados com um instrumento manual K # 10 e # 15, sempre com movimentos oscilatórios, previamente à utilização dos sistemas rotatórios, com o objetivo de manter a patência dos mesmos, prevenir a fratura e diminuir o risco de transporte quando do uso do instrumento rotatório (Rhodes et al., 2000; Gluskin et al., 2001; Imura et al., 2001; Peters et al., 2003; Paqué et al., 2005; Loizides et al., 2007; Hartmann et al.2007).

A entrada dos canais foi preparada com brocas de Gates-Glidden # 2 e # 3, para eliminar as interferências cervicais e diminuir o estresse sobre os instrumentos rotatórios, como também fizeram Rhodes et al. (2000), Peters et al. (2001), Paqué et al. (2009).

Os canais méso-vestibulares foram instrumentados com o sistema Twisted File e os canais méso-linguais com o sistema EndoSequence, empregados de acordo com as instruções do fabricante, utilizando instrumentos com variação da conicidade de maior para menor, em um deslocamento coroa-ápice, na seqüência 30/0.06, 25/0.06 e 25/0.04.

A utilização do instrumento apical com as mesmas dimensões possibilitou comparar os dois sistemas. Segundo Paqué et al. (2009), idealmente, quando se pretende comparar duas técnicas de preparo do canal radicular, a realização dos preparos apicais com instrumentos de mesmo diâmetro é preferencial. Gergi et al. (2010) também alertaram para a relação entre conicidade e flexibilidade dos instrumentos, aonde conicidades maiores do que 0.04 não devem ser utilizadas para o alargamento apical, pois se aumenta o risco de transporte apical.

Quando foram introduzidos no mercado, todos os instrumentos Twisted File possuíam uma ponta constante tamanho # 25. Atualmente, já estão disponíveis limas com diâmetros apicais maiores, possibilitando uma abordagem mais ampla nas diversas anatomias pré-operatórias do canal radicular.

Ainda não existe consenso sobre o diâmetro ideal do instrumento apical. As condições anatomopatológicas do dente (Peters, 2004) e o grau de curvatura do

canal (Roane et al., 1985; Kuhn, 1997; Torabinejad, 1994; Siqueira Jr. et al., 1999) são determinantes nesta decisão. Quanto mais severa a curvatura, deve-se reduzir o diâmetro do preparo, diminuindo a possibilidade de transporte e de seus efeitos indesejáveis (Aydin et al., 2008).

Quanto ao número de usos, os instrumentos foram utilizados cinco vezes cada, assim como fez Imura et al. (2001). Brisighello (2008) sugere o uso dos instrumentos rotatórios por no mínimo de 5 vezes, pois parece determinado que até esse limite, eles podem ser utilizados com segurança dentro de uma cinemática correta.

Para o acionamento dos instrumentos, o motor elétrico foi utilizado com controle de torque desligado e velocidade de 500 rpm, como sugerido pelos fabricantes. Quando as necessidades de torque diminuem, velocidades maiores podem ser utilizadas, garantindo assim a eficiência no corte (Koch; Brave, 2004; Mounce, 2008).

A avaliação dos resultados deste estudo teve por base o método proposto por Gambill et al. (1996). A extensão e a direção do transporte do canal foram determinadas através das medidas das distâncias entre os limites do canal não instrumentado e os limites da raiz, nas direções mesial e distal, e depois comparadas com as mesmas medidas em relação ao canal instrumentado. Com base nos resultados do transporte do canal, pode ser calculado o índice de centralização do instrumento, que mede a habilidade do instrumento em permanecer no eixo central do canal.

Os resultados do transporte do canal e do índice de centralização indicaram que os instrumentos rotatórios TF e ES tiveram um comportamento semelhante, permitindo o preparo dos canais mesiais de molares inferiores com pouco desvio do centro. Entretanto, foi observado que a 3,5 mm do ápice radicular o sistema TF promoveu menos transporte do canal no método da  $\mu$ CT, e também obteve um IC melhor.

Peters (2004) relata que o transporte do canal de até 0,15 mm é considerado aceitável. Wu et al. (2000) consideram que transportes maiores do que 0,30 mm podem ter um impacto negativo no selamento apical da obturação, influenciando no prognóstico do tratamento. No presente trabalho nenhum dos espécimes apresentou

um transporte maior do que 0,29 mm e a frequência de casos que excederam 0,15 mm foi em apenas 11,55% das secções transversais.

Em 10% dos cortes, o sistema TF apresentou um transporte do canal nulo, e conseqüentemente um IC igual a 1. O mesmo ocorreu com uma frequência de 6,66% para o sistema ES.

Apesar de alguns estudos não terem encontrado diferença entre o preparo manual e o mecanizado contínuo (Rhodes et al., 2000; Peters et al., 2001), os resultados deste trabalho concordam com os de outros estudos, que demonstraram a capacidade dos instrumentos rotatórios de NiTi em manter o centro do canal radicular, com um risco mínimo de transportes (Iqbal et al., 2004; Paqué et al., 2005; Rödig et al., 2007; Pasternak-Júnior et al., 2009; Moore et al., 2009). Entretanto, Kunert et al. (2010) recomendam cautela no uso dos instrumentos ProTaper Universal F3 e F4, devido ao aumento agressivo de sua conicidade nos 3 mm apicais, causando remoção excessiva de dentina das paredes do canal. Já nos resultados de Hartmann et al. (2007), a técnica manual produziu significativamente menos transporte do canal do que as técnicas rotatória e oscilatória.

Os resultados do baixo índice de transporte podem estar relacionados às características dos instrumentos estudados. Os instrumentos TF possuem alta flexibilidade e resistência à fadiga cíclica, principalmente devido ao seu modo de fabricação por torção, através de um tratamento térmico recristalizador, e ao seu condicionamento de superfície especial (Mounce, 2008; Gergi et al., 2010).

Gambarini et al. (2008) comprovaram o aumento na flexibilidade do sistema TF, em razão do novo processo utilizado em sua fabricação. Outros estudos encontraram maior resistência à fadiga cíclica nos instrumentos TF, quando comparados com os instrumentos de NiTi tradicionalmente usinados ES (Larsen et al., 2009) e Race, Helix, e ProTaper F1 (Kim et al., 2010).

Gergi et al. (2010) estudaram, por meio da TC, o transporte do canal e a capacidade de centralização das limas TF. Comparadas com instrumentos manuais do tipo K, e com os instrumentos de NiTi Pathfile/Protaper, as limas do sistema TF apresentaram menos transporte e uma melhor capacidade de centralização.

Por sua vez, o sistema ES possui limas com secção transversal triangular sem guias radiais, espiras e ângulos helicoidais variáveis, e a sua parte ativa

incorpora pontos de contatos alternados. Este desenho possibilita ao instrumento permanecer centrado no canal, prevenindo o transporte apical (Koch; Brave, 2004).

Na tentativa de remover as irregularidades geradas durante a usinagem, e aumentar a sua resistência à fadiga cíclica, esses instrumentos são submetidos a um processo de eletropolimento. Entretanto, Herold et al. (2007) estudando o efeito do eletropolimento nas limas ES, encontraram microfraturas em sua superfície, e uma taxa superior de fraturas, quando comparadas com as limas ProFile, que não são eletropolidas.

Outros estudos mais recentes foram desenvolvidos com esse sistema. Williamson et al. (2009) não encontraram diferença estatística ao compararem, com auxílio de MEV, a efetividade na limpeza dos canais preparados com os sistemas ES, ProTaper e ProFile GT. Em relação ao transporte apical, no trabalho de Karabucak et al. (2010), o sistema ES se comportou de maneira semelhante ao sistema Guidance V-taper, a 3 mm do comprimento de trabalho, utilizando o método radiográfico.

Ainda, ambos os sistemas TF e ES preconizam uma menor quantidade de instrumentos para atingir o resultado final, o que torna o tempo de trabalho reduzido e causa menos fadiga ao paciente e ao profissional.

Acredita-se que o delineamento da metodologia, no que diz respeito ao alargamento cervical prévio dos canais, a menor conicidade dos instrumentos que atuaram no terço apical, e a realização do preparo apical com um instrumento de diâmetro # 25 em ambas as técnicas, também podem ter contribuído para a boa capacidade de centralização desses instrumentos no canal radicular.

Em relação à direção do transporte, não foi encontrado um padrão de desvio para as porções externa e interna da curvatura. Os dois instrumentos apresentaram desvios tanto para o sentido mesial, quanto para o sentido distal, em proporções muito semelhantes. Outros autores também demonstraram que o mesmo pode acontecer em variadas direções (Campos; Del Rio, 1990; Peters et al., 2001).

Muitos estudos relacionam o sentido do transporte nos cortes mais apicais principalmente em direção à parte externa da curvatura (Leseberg; Montgomery, 1991; Gambill et al., 1996; Wu et al., 2000; Imura et al., 2001; Loizides et al., 2007; Aydin et al., 2008), pois quando os instrumentos estão inseridos em um canal curvo,



exercem maior pressão na porção externa à curva, no terço apical do canal; e na porção interna à curva, no terço médio. Estas pressões são diferentes conforme as ligas utilizadas, sendo muito menores nos instrumentos fabricados em NiTi, visto que esta liga possui maior flexibilidade do que o aço inoxidável (Walia et al., 1988).

Quando comparados apenas os métodos de avaliação, independente do instrumento, no grupo 2, aonde foi utilizada a  $\mu$ CT, o transporte do canal foi significativamente menor do que no grupo 1.

Quando analisada cada secção transversal individualmente, o sistema TF apresentou diferença significativa a 3,5 e 5,0 mm do ápice radicular, aonde os transportes foram menores no método da  $\mu$ CT. O contrário ocorreu com o sistema ES, pois na secção 2,0 mm, o transporte foi menor no grupo 2 e a 3,5 e 5,0 mm, não houve diferença significativa.

Essa diferença nos resultados pode ser devido ao seccionamento dos espécimes no método de Bramante Modificado. Durante a realização dos cortes transversais, perdeu-se em média 0,30 mm de material radicular, referente à espessura do disco de diamante utilizado. Assim como nos estudos de Imura et al. (2001), González-Rodríguez e Ferrer-Luque (2004), Al-Sudani e Al-Shahrani (2006), essa perda de estrutura radicular levou a pequenas discrepâncias entre as secções de corte, atuando como degraus que dificultaram a passagem dos instrumentos através do canal até ao comprimento de trabalho.

Independentemente do método de avaliação empregado, é consenso na literatura que os instrumentos rotatórios de NiTi respeitam mais a anatomia dos canais radiculares e não causam erros de preparo grosseiros (Iqbal et al., 2004; Paqué et al., 2005; Rödig et al., 2007; Pasternak-Júnior et al., 2009; Moore et al., 2009). Apesar disso, os resultados dos estudos do transporte apresentam-se variados, provavelmente devido às características da amostra, ao tipo de sistema testado, à seqüência técnica empregada, e ao método de avaliação empregado (Williamson et al., 2009; Karabucak et al., 2010; Gergi et al., 2010).

De fato, acredita-se que o alto custo e também o desconhecimento do método da  $\mu$ CT, podem ser considerados os principais empecilhos para que sua utilização se torne mais freqüente e difundida.

É importante destacar que, em virtude da imensa importância que o preparo do canal possui para o sucesso do tratamento endodôntico, metodologias mais

confiáveis devem ser prioritárias para os pesquisadores. Portanto, sugere-se a realização de estudos continuados sobre os diferentes aspectos do preparo do canal, valendo-se preferencialmente de métodos que possibilitem que diversos parâmetros do mesmo sejam avaliados.

## 7 CONCLUSÕES

1. Os sistemas TF e ES se comportaram de modo semelhante quanto ao transporte do canal e ao índice de centralização do instrumento, permitindo o preparo de canais mesiais de molares inferiores com pouco desvio, independente do método de avaliação empregado;
2. Em relação à direção do transporte do canal, os sistemas TF e ES promoveram desvios tanto para o sentido mesial, quanto para o sentido distal, em proporções bastante semelhantes.
3. Quando comparados apenas os métodos de avaliação, independente do instrumento utilizado, no método da  $\mu$ CT, o transporte do canal foi menor do que no método de Bramante Modificado.

## REFERÊNCIAS<sup>1</sup>

Abou-Rass M, Frank AL, Glick DH. The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. J Am Dent Assoc. 1980;101(5):792-4.

Abou-Rass M, Jastrab RJ. The use of rotary instruments as auxiliary aids to root canal preparation of molars. J Endod. 1982;8(2):78-82.

Al-Sudani D, Al-Shahrani S. A comparison of the canal centering ability of ProFile, K3, and RaCe Nickel Titanium rotary Systems. J Endod. 2006;12(12):1198-1201.

American Dental Association - ADA. New American Dental Association Specification no. 28 for endodontic files and reamers. Council on Dental Materials and Devices. J Am Dent Assoc. 1976a;93(4):813-7.

American Dental Association - ADA. New American Dental Association Specification no. 29 general specification for hand instruments. Council on Dental Materials and Devices. J Am Dent Assoc. 1976b;93(4):818-23.

Andreasen GF, Hilleman TB. An valuation of 55 cobalt substituted Nitinol wire for use in orthodontics. J Am Dent Assoc. 1971;82(6):1373-5.

Aydin C, Inan U, Yasar S, Bulucu B, Tunca YM. Comparison of shaping ability of RaCe and Hero Shaper instruments in simulated curved canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2008;105(3):e92-7.

Bender IB, Seltzer S, Turkenkopf S. To culture or not to culture?. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1964;18:527-40.

Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. A methodology for quantitative evaluation of root canal instrumentation using microcomputed tomography. Int Endod J. 2001;34(5):390-8.

---

<sup>1</sup> De acordo com Estilo Vancouver.

Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Beullens M, Wevers M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Progressive versus constant tapered shaft design using NiTi rotary instruments. *Int Endod J.* 2003;36(4):288-95.

Berutti E. Computerized analysis of the instrumentation of the root canal system. *J Endod.* 1993;19(5):236-8.

Bjorndal L, Carlsen O, Thuesen G, Darvann T, Krreiborg S. External and internal macromorphology in 3D-reconstructed maxillary molars using computerized X-ray microtomography. *Int Endod J.* 1999;32(1):3-9.

Bombana AC. Análise química quantitativa das ligas de aço inoxidável de alguns instrumentos endodônticos de diferentes tipos e procedências – contribuição ao estudo [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 1986.

Bramante CM, Berbert A, Borges RP. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J Endod.* 1987;13(5):243-5.

Brisighello LC. Resistência à fadiga flexural dos sistemas rotatórios k3 e Endosequence em razão do uso [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2008.

Buchanan LS. The standardized-taper root canal preparation. Concepts for variably tapered shaping instruments. *Int Endod J.* 2000;33(6):516-29.

Buchanan LS. The standardized-taper root canal preparation--part 6. GT file technique in abruptly curved canals. *Int Endod J.* 2001;34(3):250-9.

Calhoun G, Montgomery S. The effects of four instrumentation techniques on root canal shape. *J Endod.* 1998;14(6):273-7.

Campos JM, Del Rio C. Comparison of mechanical and standard hand instrumentation technique in curved root Canals. *J Endod.* 1990;16(5):230-4.

Cheung LH, Cheung GS. Evaluation of a rotary instrumentation method for C-shaped canals with micro-computed tomography. *J Endod.* 2008;34(10):1233-8.

Clem WH. Endodontics: the adolescent patient. *Dent Clin North Am.* 1969;13(2): 483-93.

Costa C. Influência da implantação iônica na resistência à torção e à corrosão de instrumentos rotatórios de níquel-titânio [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2002.

Craig RG, Peyton FA. Physical properties of stainless steel endodontic files and reamers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1963;16(2):207-17.

Craig RG, Mc Ilwain ED, Peyton FA. Bending and torsion properties of endodontic instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1968;25(2):239-54.

Davis SR, Brayton SM, Goldman M. The morphology of the prepared root canal: a study utilizing injectable silicone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1972;34(4):457-61.

De Deus Q.D. Endodontia. 5ª ed. Rio de Janeiro: Medsi; 1992. 695p.

Gambarini G, Grande NM, Plotino G, Somma F, Garala M, De Luca M, et al. Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel-titanium instruments produced by new manufacturing methods. *J Endod.* 2008;34(8):1003-5.

Gambill JM, Alder M, Del Rio C. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod.* 1996;22(7):369-75.

Gavini G. Resistência à fadiga cíclica de instrumentos rotatórios de NiTi submetidos à implantação de íons nitrogênio [tese de livre docência]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2006.

Gergi R, Rjeily JA, Sader J, Naaman A. Comparison of canal transportation and centering ability of twisted files, Pathfile-ProTaper system, and stainless steel hand K-files by using computed tomography. *J Endod.* 2010;36(5):904-7.

Gluskin AH, Brown DC, Buchanan LS. A reconstructed computerized tomographic comparison of NiTi rotary GT files versus traditional instruments in canal shaped by novice operators. *Int Endod J.* 2001;34(6):476-84.

González-Rodríguez MP, Ferrer-Luque CM. A comparison of Profile, Hero 642, and K3 instrumentation systems in teeth using digital imaging analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004;97(1):112-5.

Hall EM. The mechanics of root canal treatment. *J Am Dent Assoc.* 1930;17(1):88-112.

Hartmann MSM, Barletta FB, Fontanella VRC, Vanni JR. Canal Transportation after root canal instrumentation: a comparative study with computed tomography. *J Endod.* 2007; 33(8):962-5.

Herold KS, Johnson BR, Wenckus CS. A scanning electron microscopy evaluation of microfractures, deformation and separation in EndoSequence and Profile nickel-titanium rotary files using an extracted molar tooth model. *J Endod.* 2007;33(6):712-4.

Imparato JCP, Nassif ACS, Ramos DLP, Tieri F, Matsumoto IT, Franchim GH, et al. *Banco de dentes humanos.* Curitiba: Editora Maio; 2003. 190p.

Imura N, Kato AS, Novo NF, Hata G, Uemura M, Toda T. A comparison of mesial molar root canal preparations using two engine-driven instruments and the balanced-force technique. *J Endod.* 2001;27(10):627-31.

Ingle JL. The need for endodontic instrument standardization. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1955;8(11):1211-3.

Ingle JL. A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1961;14:83-91.

Iqbal MK, Firic S, Tulcan J, Karabucak B, Kim S. Comparison of apical transportation between ProFile and ProTaper NiTi rotary instruments. *Int Endod J.* 2004;37(6):359-64.

Karabucak B, Gatan AJ, Hsiao C, Iqbal MK. A comparison of apical transportation and length control between EndoSequence and Guidance rotary instruments. *J Endod.* 2010;36(1):123-5.

Kim HC, Yum J, Hur B, Cheung GS. Cyclic fatigue and fracture characteristics of ground and twisted nickel-titanium rotary files. *J Endod.* 2010;36(1):147-52.

Koch KA, Brave DG. Real world EndoSequence file. Dent Clin North Am. 2004;48:159–82.

Kuhn WG, Carnes Jr DL, Clement DJ, Walker WA. Effect of tip design of nickel-titanium and stainless steel files on root canal preparation. J Endod. 1997; 23(12):735-8.

Kunert GG, Fontanella VRC, Moura AAM, Barletta FB. Analysis of apical root transportation associated with protaper universal F3 and F4 instruments by using digital subtraction radiography. J Endod. 2010;36(6):1052-5.

Larsen CM, Watanabe I, Glickman GN, He J. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotary instruments. J Endod. 2009;35(3):401-3.

Lasso PRO, Vaz CMP, Naime JM. Recomendações para utilização do microtomógrafo de raios-X Sky Scan 1172 em ciências agrárias e biológicas. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária; 2008. 22p.

Leseberg DA, Montgomery S. The effects of Canal Master, Flex-R, and K-Flex instrumentation on root canal configuration. J Endod. 1991;17(2):59-65.

Lim KC, Webber J. The validity of simulated root canals for the investigation of the prepared root canal shape. Int Endod J. 1985;18(4):240-6.

Loizides AL, Kakavetsos VD, Tzanetakakis GN, Kontakiotis EG, Eliades G. A comparative study of the effects of two nickel-titanium preparation techniques on root canal geometry assessed by microcomputed tomography. J Endod. 2007;33(12):1455-9.

Lopes HP, Elias CN, Estrela C, Siqueira JF Jr. Assessment of the apical transportation of root canals using the method of the curvature radius. Braz Dent J. 1998;9(1):39-45.

Marshall FJ, Pappin J. A crown-down pressureless preparation root canal enlargement technique. Portland: Oregon Health Sciences University; 1980 Thechnique Manual.

Morgan LF, Montgomery S. An evaluation of the crown-down pressureless technique. J Endod. 1984;10(10):491-8.



Moore J, Fitz-Walter P, Parashos P. A micro-computed tomographic evaluation of apical root canal preparation using three instrumentation techniques. *Int Endod J*. 2009;42(12):1057-64.

Mounce RE. A new method of canal enlargement. *Dent Today*. 2008;27(5):94,96,98-9.

Mullaney TP. Instrumentation of finely curved canals. *Dent Clin North Am*. 1979; 23(4):575-92.

Nielsen RB, Alyassin AM, Peters DD, Carnes DL, Lancaster J. Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *J Endod*. 1995; 21(11):561-8.

Paiva JG, Antoniazzi JH. *Endodontia: bases para a prática clínica*. 2ª ed. São Paulo: Artes Médicas; 1988. 886 p.

Paqué F, Musch U, Hülsmann M. Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J*. 2005;38(1):8-16.

Paqué F, Ganahl D, Peters OA. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. *J Endod*. 2009;35(7):1056-9.

Pasternak-Júnior B, Sousa-Neto MD, Silva RG. Canal transportation and centring ability of RaCe rotary instruments. *Int Endod J*. 2009;42(6):499-506.

Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod*. 2004;30(8):559-67.

Peters OA, Laib A, Rügsegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high resolution computed tomography. *J Dent Res*. 2000;79(6):1405-9.

Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J*. 2001;34(3):221-30.

Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL Jr. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod*. 1997;23(2):77-85.

Rhodes JS, Pitt Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J.* 1999;32(3):165-70.

Rhodes JS, Pitt Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. A comparison of two nickel-titanium instrumentation techniques in teeth using microcomputed tomography. *Int Endod J.* 2000;33(3):279-85.

Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG Jr. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. *J Endod.* 1985;11(5):203-11.

Rödig T, Hülsmann M, Kahlmeier C. Comparison of root canal preparation with two rotary NiTi instruments: ProFile .04 and GT Rotary. *Int Endod J.* 2007;40(7):553-62.

Santos M. Avaliação comparativa do comportamento, diante de ensaio de torção, de limas endodônticas de diferentes tipos, marcas e números, submetidas ou não a um tratamento térmico recristalizador [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 1994.

Santos M. Efeito da implantação de íons nitrogênio na flexão de limas rotatórias de níquel-titânio [tese de livre docência]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2002.

Santos M, Zaragoza RA, Lima MM. O instrumento endodôntico conhecimento, domínio e precisão. *Endodontia: da biologia à técnica.* 1ª ed. São Paulo: Santos; 2007. v.1, cap. 9, p. 143-51.

Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am.* 1974;18(2):269-96.

Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971;2(32):273-5.

Seto BG, Nicholls JI, Harrington GW. Torsional properties of twisted and machined endodontic files. *J Endod.* 1990;16(8):355-60.

Siqueira Jr. JF, Ribeiro AF, Rôças IN, Gahyva SMM, Castro AJR, Machado AG. Princípios renovados na instrumentação de canais radiculares – técnica dos movimentos contínuos de rotação alternada (MRA). *Rev Paul Odontol.* 1999;21(4):14-8.

Skelton-Macedo MC, Cardoso RJA, Bombana AC. Sistema de corte transversal simplificado para estudo da morfologia do canal radicular e técnicas de preparo. *Endod Clin Pract Educ Res*. 1999; 1(2). Disponível em: < <http://ecler.bvs.br/cgi-bin/wxis.exe/iah/> >. Acesso em: 07 set. 2008.

Southard DW, Oswald RJ, Natkin E. Instrumentation of curved molar root canals with the Roane technique. *J Endod*. 1987;13(10):479-89.

Stewart JT, Lafkowitz S, Appelbaum K, Hartwell G. Distortion and breakage of liberator, EndoSequence, and ProFile systems in severely curved roots of molars. *J Endod*. 2010;36(4):729-31.

Sydney GB, Batista A, de Melo LL. The radiographic platform: a new method to evaluate root canal preparation in vitro. *J Endod*. 1991;17(11):570-72.

Tachibana H, Matsumoto K. Applicability of X-ray computerized tomography in endodontics. *Endod Dent Traumatol*. 1990;6(1):16-20.

Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J*. 2000;33(4):297-310.

Torabinejad M. Passive step-back technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1994;77(4):398-401.

Versiani MA, Pascon EA, de Sousa CJ, Borges MA, Sousa-Neto MD. Influence of shaft design on the shaping ability of 3 nickel-titanium rotary systems by means of spiral computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008;105(6):807-13.

Walia H, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *J Endod*. 1988;14(7):346-51.

Walton RE. Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space. *J Endod*. 1976;2(10):304-11.

Weine FS, Healey HJ, Gerstein H, Evanson L. Pre-curved files and incremental instrumentation for root canal enlargement. *J Can Dent Assoc*. 1970;36(4):155-7.

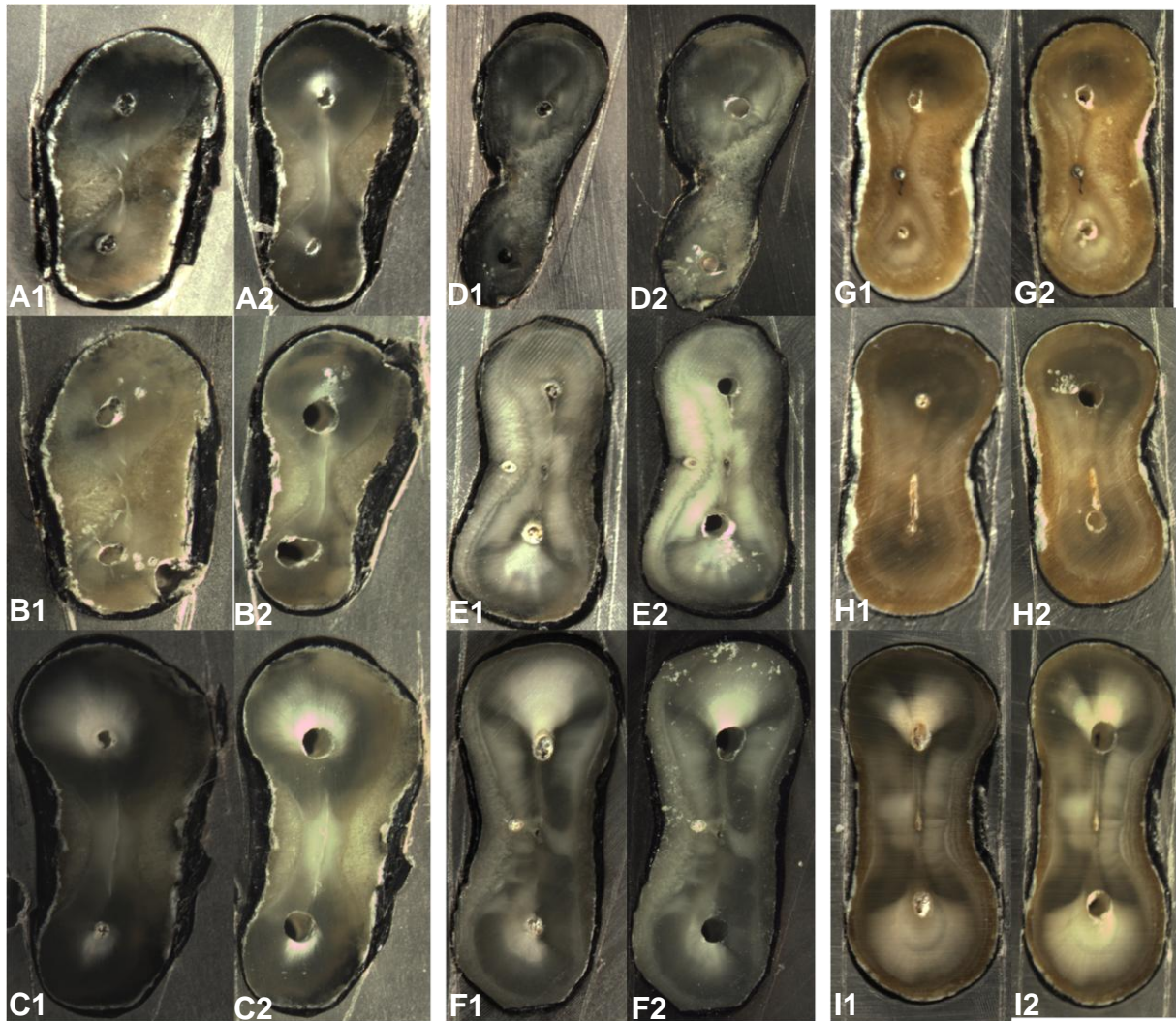
Weine FS, Kelly RF, Lio PJ. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod.* 1975;3(1):255-63.

Willey WL, Senia SE. A new root canal instrument and instrumentation technique: a preliminary report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1989;67(2):198-207.

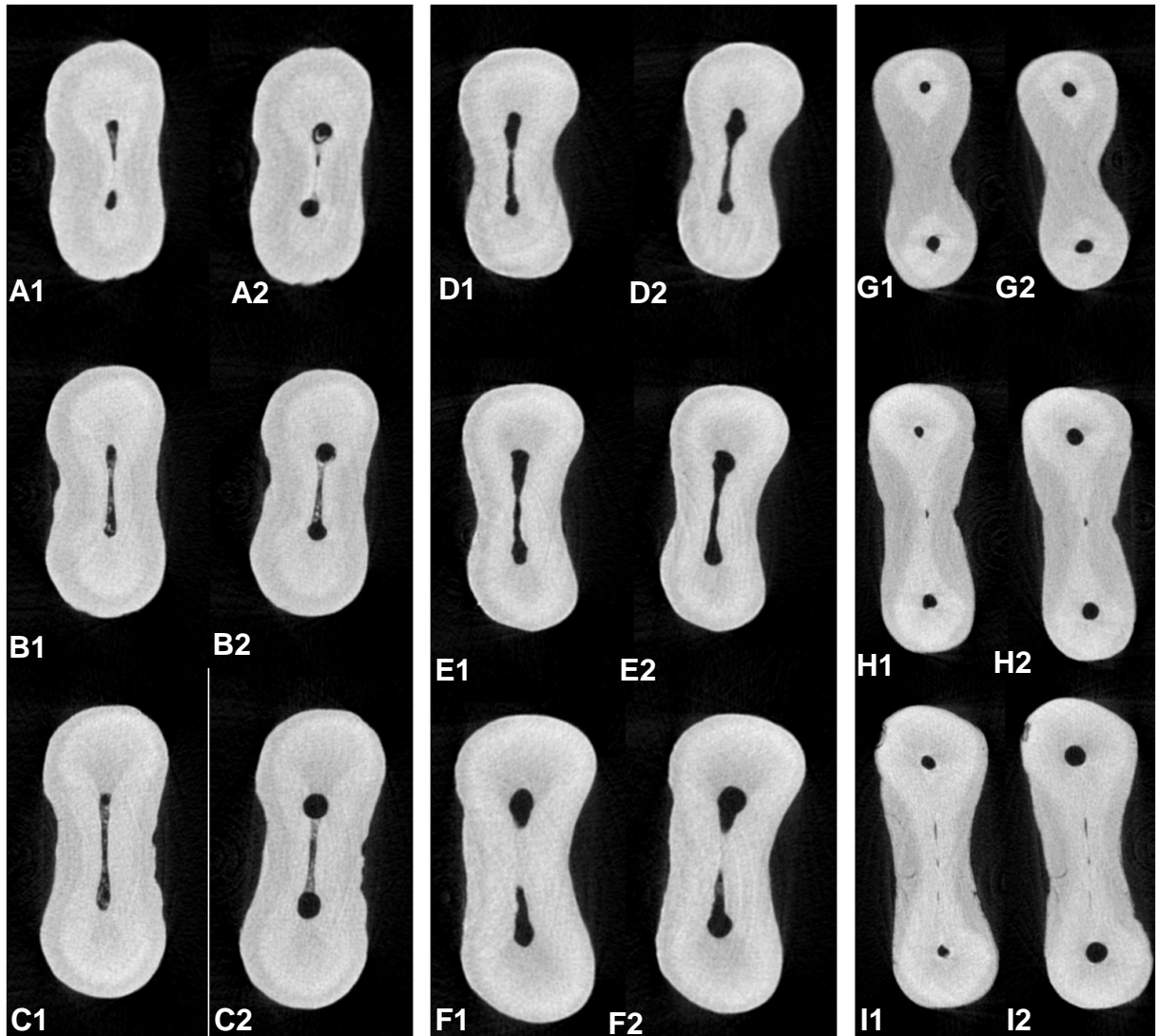
Williamson AE, Sandor AJ, Justman BC. A comparison of three nickel titanium rotary systems, EndoSequence, ProTaper universal, and profile GT, for canal-cleaning ability. *J Endod.* 2009;35(1):107-9.

Wu MK, Fan B, Wesselink P. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: Effects of apical transportation on seal of root. *J Endod.* 2000;26(4):210-6.

APÊNDICE A – Secções transversais de alguns espécimes do grupo 1, aonde os canais MV foram preparados com o sistema TF e os canais ML com o sistema ES: secção 2,0: antes do preparo (A1/D1/G1) e depois do preparo (A2/D2/G2); secção 3,5: antes do preparo (B1/E1/H1) e depois do preparo (B2/E2/H2); secção 5,0: antes do preparo (C1/F1/I1) e depois do preparo (C2/F2/I2)



APÊNDICE B – Secções transversais de alguns espécimes do grupo 2, aonde os canais MV foram preparados com o sistema TF e os canais ML com o sistema ES: secção 2,0: antes do preparo (A1/D1/G1) e depois do preparo (A2/D2/G2); secção 3,5: antes do preparo (B1/E1/H1) e depois do preparo (B2/E2/H2); secção 5,0: antes do preparo (C1/F1/I1) e depois do preparo (C2/F2/I2)



APÊNDICE C – Teste de aderência à curva normal dos valores originais para o transporte do canal e o índice de centralização dos sistemas TF e ES nos dois grupos experimentais

### **Teste de aderência à curva normal: Transporte do canal**

A. Freqüências por intervalos de classe:

Intervalos de classe: M-3s M-2s M-1s Med. M+1s M+2s M+3s

Curva normal: 0.44 5.40 24.20 39.89 24.20 5.40 0.44

Curva experimental: 0.00 0.00 33.33 39.44 18.33 7.78 1.11

B. Cálculo do Qui quadrado: Interpretação

Graus de liberdade: 4 A distribuição amostral testada é não normal

Valor do Qui quadrado : 11.32

Probabilidade de Ho : 2.3200 %

### **Teste de aderência à curva normal: IC**

A. Freqüências por intervalos de classe:

Intervalos de classe: M-3s M-2s M-1s Med. M+1s M+2s M+3s

Curva normal: 0.44 5.40 24.20 39.89 24.20 5.40 0.44

Curva experimental: 0.00 5.00 31.11 30.56 22.22 11.11 0.00

B. Cálculo do Qui quadrado: Interpretação

Graus de liberdade: 4 A distribuição amostral testada é não normal

Valor do Qui quadrado: 10.39

Probabilidade de Ho: 3.4400 %

APÊNDICE D – Teste estatístico de Mann-Whitney para os resultados do transporte do canal promovido pelos sistemas TF e ES nos dois grupos experimentais

<b>Fontes de variação</b>	<b>Valor U(1)</b>	<b>Valor U(2)</b>	<b>Valor z</b>	<b>Probabilidade de igualdade (ho) %</b>	<b>p</b>	
G1 x G2 TF	1370	655	2,8849	0,20	< 0,05	s
G1 x G2 - TF a 2,0 mm	126,5	98,5	0,5807	28,07	> 0,05	ns
G1 x G2 - TF a 3,5 mm	165,5	59,5	2,1983	1,40	< 0,05	s
G1 x G2 -TF a 5,0 mm	162	63	2,0532	2,00	< 0,05	s
G1 x G2 ES	1201	824	1,5211	6,41	> 0,05	ns
G1 x G2 - ES a 2,0 mm	160,5	64,5	1,9909	2,33	< 0,05	s
G1 x G2 - ES a 3,5 mm	96	129	- 0,6844	24,69	> 0,05	ns
G1 x G2 - ES a 5,0 mm	140,5	84,5	1,1614	12,27	> 0,05	ns
G1 x G2 - TF+ ES	2968	5132	- 3,0955	0,10	< 0,05	s
G1 - TF x ES	1170	855	1,2710	10,19	> 0,05	ns
G1 - TF x ES a 2,0 mm	107,5	117,5	- 0,2074	41,78	> 0,05	ns
G1 - TF x ES a 3,5 mm	134	91	0,8918	18,63	> 0,05	ns
G1 - TF x ES a 5,0 mm	148	77	1,4725	7,04	> 0,05	ns
G2 - TF x ES	1019	1006	0,0525	47,91	> 0,05	ns
G2 - TF x ES a 2,0 mm	143	82	1,2651	10,29	> 0,05	ns
G2 - TF x ES a 3,5 mm	60	165	- 2,1776	1,47	< 0,05	s
G2 - TF x ES a 5,0 mm	129,5	95,5	0,7051	24,04	> 0,05	ns

ns = não significante

s = significante

APÊNDICE E – Teste estatístico de Mann-Whitney para os resultados do índice de centralização dos sistemas TF e ES nos dois grupos experimentais

<b>Fontes de variação</b>	<b>Valor U(1)</b>	<b>Valor U(2)</b>	<b>Valor z</b>	<b>Probabilidade de igualdade (ho) %</b>	<b>p</b>	
G1 x G2 TF	75,1	152	- 0,5623	35,01	> 0,05	ns
G1 x G2 - TF a 2,0 mm	108	117	- 0,1867	42,60	> 0,05	ns
G1 x G2 - TF a 3,5 mm	74,5	150,5	- 1,5762	5,75	> 0,05	ns
G1 x G2 -TF a 5,0 mm	91,5	133,5	- 0,8710	19,19	> 0,05	ns
G1 x G2 ES	120	112,2	- 0,9871	33,07	> 0,05	ns
G1 x G2 - ES a 2,0 mm	80	145	- 1,3480	8,88	> 0,05	ns
G1 x G2 - ES a 3,5 mm	152	73	1,6384	5,07	> 0,05	ns
G1 x G2 - ES a 5,0 mm	101,5	123,5	- 0,4563	32,41	> 0,05	ns
G1 x G2 - TF+ ES	4388,5	3711,5	0,9684	16,64	> 0,05	ns
G1 - TF x ES	828	1197	- 1,4889	6,83	> 0,05	ns
G1 - TF x ES a 2,0 mm	100	125	- 0,5185	30,21	> 0,05	ns
G1 - TF x ES a 3,5 mm	91,5	133,50	- 0,0871	19,19	> 0,05	ns
G1 - TF x ES a 5,0 mm	86,5	138,5	- 1,0784	14,04	> 0,05	ns
G2 - TF x ES	978,5	1046,5	- 0,2744	39,19	> 0,05	ns
G2 - TF x ES a 2,0 mm	76	149	- 1,5139	6,50	> 0,05	ns
G2 - TF x ES a 3,5 mm	169,5	55,5	2,3642	0,90	< 0,05	s
G2 - TF x ES a 5,0 mm	85,5	139,5	- 1,1199	13,14	> 0,05	ns

ns = não significante

s = significante



APÊNDICE F – Valores originais do transporte do canal, expresso em milímetros, e o sentido dos mesmos, obtido pelos sistemas Twisted File e EndoSequence, a 2,0, 3,5 e 5,0 mm do ápice radicular, no método de Bramante Modificado (grupo 1)

DENTE	SISTEMA TF						SISTEMA ES					
	Nível da secção transversal a partir do ápice radicular						Nível da secção transversal a partir do ápice radicular					
	2,0 mm		3,5 mm		5,0 mm		2,0 mm		3,0 mm		5,0 mm	
<b>1</b>	0,07	distal	0,02	distal	0,15	mesial	0,17	mesial	0,04	mesial	0,10	distal
<b>2</b>	0,01	mesial	0,08	mesial	0,12	mesial	0,09	mesial	0,05	mesial	0,00	nulo
<b>3</b>	0,18	mesial	0,00	nulo	0,18	mesial	0,16	mesial	0,07	distal	0,01	mesial
<b>4</b>	0,01	distal	0,12	distal	0,06	distal	0,00	Nulo	0,05	mesial	0,01	distal
<b>5</b>	0,15	distal	0,10	mesial	0,07	distal	0,15	distal	0,01	mesial	0,18	distal
<b>6</b>	0,04	mesial	0,12	distal	0,22	mesial	0,09	mesial	0,21	distal	0,11	mesial
<b>7</b>	0,20	mesial	0,09	mesial	0,08	distal	0,09	distal	0,07	distal	0,07	distal
<b>8</b>	0,11	mesial	0,00	mesial	0,17	mesial	0,02	distal	0,01	mesial	0,03	distal
<b>9</b>	0,05	mesial	0,10	distal	0,09	mesial	0,12	distal	0,09	mesial	0,03	mesial
<b>10</b>	0,09	distal	0,21	distal	0,27	distal	0,18	distal	0,22	distal	0,12	distal
<b>11</b>	0,08	distal	0,00	nulo	0,08	mesial	0,04	mesial	0,08	distal	0,09	mesial
<b>12</b>	0,00	nulo	0,22	distal	0,20	distal	0,01	distal	0,01	mesial	0,15	distal
<b>13</b>	0,08	mesial	0,08	distal	0,02	distal	0,04	mesial	0,14	distal	0,01	distal
<b>14</b>	0,02	distal	0,06	distal	0,02	mesial	0,02	distal	0,01	mesial	0,19	distal
<b>15</b>	0,05	mesial	0,20	distal	0,23	mesial	0,02	distal	0,02	mesial	0,20	mesial

APÊNDICE G – Valores originais do transporte do canal, expresso em milímetros, e o sentido dos mesmos, obtido pelos sistemas Twisted File e EndoSequence, a 2,0, 3,5 e 5,0 mm do ápice radicular, no método da  $\mu$ CT (grupo 2)

DENTE	SISTEMA TF						SISTEMA ES					
	Nível da secção transversal a partir do ápice radicular						Nível da secção transversal a partir do ápice radicular					
	2,0 mm		3,5 mm		5,0 mm		2,0 mm		3,0 mm		5,0 mm	
16	0,09	mesial	0,00	nulo	0,09	mesial	0,05	mesial	0,01	distal	0,04	distal
17	0,00	nulo	0,03	mesial	0,05	mesial	0,04	mesial	0,03	mesial	0,03	distal
18	0,02	distal	0,09	mesial	0,07	mesial	0,03	distal	0,11	mesial	0,04	mesial
19	0,12	mesial	0,07	mesial	0,03	distal	0,03	mesial	0,07	mesial	0,06	mesial
20	0,13	mesial	0,08	mesial	0,04	mesial	0,01	distal	0,08	mesial	0,09	mesial
21	0,10	distal	0,04	mesial	0,10	mesial	0,01	distal	0,06	mesial	0,05	distal
22	0,15	mesial	0,03	distal	0,04	mesial	0,01	distal	0,16	mesial	0,07	distal
23	0,00	nulo	0,00	nulo	0,08	distal	0,08	distal	0,08	mesial	0,01	mesial
24	0,02	distal	0,04	mesial	0,08	mesial	0,01	distal	0,07	mesial	0,02	distal
25	0,03	distal	0,05	mesial	0,02	distal	0,00	nulo	0,19	mesial	0,01	mesial
26	0,02	distal	0,05	distal	0,07	distal	0,00	nulo	0,14	mesial	0,12	mesial
27	0,01	mesial	0,06	mesial	0,01	mesial	0,02	distal	0,04	mesial	0,01	distal
28	0,10	mesial	0,04	distal	0,07	distal	0,08	mesial	0,05	mesial	0,11	mesial
29	0,07	mesial	0,03	mesial	0,29	distal	0,10	mesial	0,11	mesial	0,11	distal
30	0,04	distal	0,00	nulo	0,01	distal	0,05	mesial	0,00	nulo	0,00	nulo

APÊNDICE H – Valores originais do IC para os instrumentos TF e ES, a 2,0, 3,5 e 5,0 mm do ápice radicular, obtidos nos grupos 1 e 2.

DENTE	Sistema TF			Sistema ES			
	Nível da secção transversal a partir do ápice radicular			Nível da secção transversal a partir do ápice radicular			
	2,0 mm	3,5 mm	5,0 mm	2,0 mm	3,5 mm	5,0 mm	
<b>GRUPO 1</b>	1	0,25	1	0,4	0,55	0,83	0,81
	2	1	0,5	0,38	0,33	0,5	0,5
	3	0,5	0,36	0,13	0,5	0,31	0,56
	4	0,2	0,3	0,81	0,83	0,5	0,6
	5	0,07	0,62	0,78	0,83	0,27	0,5
	6	0,23	0,75	0,58	0,67	0,4	0,64
	7	0,17	0,67	0,67	0,83	0,16	0,22
	8	1	1	0,47	0,11	0,38	0,8
	9	0,71	0,69	0,38	0,67	0,3	0,71
	10	0,4	0,44	0,71	1	0,1	0,88
	11	0,71	0,58	0,5	1	0,13	0,33
	12	0,5	0,33	0,5	0,6	0,64	0,67
	13	0,38	0,6	0,42	0,5	0,5	0,27
	14	0,13	0,67	0,06	0,38	0,31	0,15
	15	0,2	1	0,5	0,17	1	1
<b>GRUPO 2</b>	16	0,25	1	0,4	0,55	0,83	0,81
	17	1	0,5	0,38	0,33	0,5	0,5
	18	0,5	0,36	0,13	0,5	0,31	0,56
	19	0,2	0,3	0,81	0,83	0,5	0,6
	20	0,07	0,62	0,78	0,83	0,27	0,5
	21	0,23	0,75	0,58	0,67	0,4	0,64
	22	0,17	0,67	0,67	0,83	0,16	0,22
	23	1	1	0,47	0,11	0,38	0,8
	24	0,71	0,69	0,38	0,67	0,3	0,71
	25	0,4	0,44	0,71	1	0,1	0,88
	26	0,71	0,58	0,5	1	0,13	0,33
	27	0,5	0,33	0,5	0,6	0,64	0,67
	28	0,38	0,6	0,42	0,5	0,5	0,27
	29	0,13	0,67	0,06	0,38	0,31	0,15
	30	0,2	1	0,5	0,17	1	1

## ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa



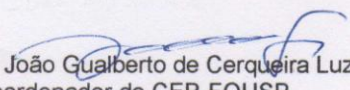
**Universidade de São Paulo**  
**Faculdade de Odontologia**  
**Comitê de Ética em Pesquisa**

**PARECER DE APROVAÇÃO**  
**FR - 210517**  
**Protocolo 161/2008**

O grupo de trabalho indicado pelo Comitê de Ética em Pesquisa **APROVOU** o protocolo de pesquisa "**Avaliação dos efeitos da instrumentação de canais radiculares comparando sistemas rotatórios de NiTi fabricados por torção e por usinagem**", de responsabilidade do(a) pesquisador(a) Laila Gonzáles Freire, sob orientação do(a) Prof(a). Dr(a). Marcelo dos Santos.

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados a este Comitê relatórios anuais referentes ao andamento da pesquisa e ao término cópia do trabalho em "cd". Qualquer emenda do projeto original deve ser apresentada a este CEP para apreciação, de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

São Paulo, 18 de setembro de 2008.

  
Prof. Dr. João Gualberto de Cerqueira Luz  
Coordenador do CEP-FOUSP