

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Paulo Roberto Baptista Reis

**AVALIAÇÃO IN VITRO DA CAPACIDADE DE
CORTE E DEFORMAÇÃO DE LIMAS
ROTATÓRIAS DE NÍQUEL-TITÂNIO**

Taubaté – SP
2009

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Paulo Roberto Baptista Reis

**AVALIAÇÃO IN VITRO DA CAPACIDADE DE
CORTE E DEFORMAÇÃO DE LIMAS
ROTATÓRIAS DE NÍQUEL-TITÂNIO**

Dissertação apresentada para a obtenção do
Título de Mestre pelo Programa de Pós-
graduação em Odontologia do Departamento
de Odontologia da Universidade de Taubaté.
Área de Concentração: Endodontia.
Orientador: Prof. Dr. José Luiz da Silva Lage-
Marques
Co-Orientador: Prof. Dr. João Marcelo
Ferreira de Medeiros

Taubaté – SP
2009

**Ficha catalográfica elaborada pelo
SIBI – Sistema Integrado de Bibliotecas/UNITAU**

R375a Reis, Paulo Roberto Baptista
 Avaliação in vitro da capacidade de corte e deformação de limas
 rotatórias de níquel-titânio / Paulo Roberto Baptista Reis. – 2009.
 82 f.: il.

 Dissertação (mestrado) – Universidade de Taubaté, Programa de Pós-
 Graduação em Odontologia, 2009.
 Orientação: Prof. Dr. José Luiz Lage-Marques, Departamento
 de Odontologia.
 Co-orientação: Prof. Dr. João Marcelo Ferreira de Medeiros

 1. Limas de Níquel-Titânio. 2. Sistema rotatório. 3. Capacidade de
 corte. 4. Deformação. I. Título.

PAULO ROBERTO BAPTISTA REIS

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____ Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Universidade _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Universidade _____

Assinatura: _____

À minha *esposa Erica*, pela confiança, força e incentivo para que eu possa progredir dentro da minha profissão.

À minha *filha Maria Paula*, que compreendeu todos os momentos em que a privei de minha companhia, devido aos compromissos acadêmicos. Obrigado por ser essa obra Divina e a verdadeira razão de minha existência. Amo você, meu amor!

AGRADECIMENTOS

A *Deus*, pelo dom da vida e por se fazer presente em todos os momentos, iluminando meus caminhos.

Aos meus pais *Paulo* e *Nilcéia*, por sempre terem me proporcionado as condições necessárias para estudar e que sempre souberam estimular em mim a vontade de aprender. Não tenho palavras para agradecer a tudo que fizeram e fazem por mim.

À minha irmã *Sara Gisele (in memorian)*, que mesmo não estando mais aqui, me serve de estímulo para a concretização de mais esta etapa de minha vida. Tenho certeza, quer onde esteja, continua me apoiando.

Ao meu orientador, *Professor Doutor José Luiz da Silva Lage Marques*, por compartilhar seus conhecimentos científicos, que sempre me foram transmitidos, quando deles necessitei.

Ao meu co-orientador, *Professor Doutor João Marcelo Ferreira de Medeiros*, pela sua sabedoria e dedicação na brilhante tarefa que executa. A você devo os ensinamentos que faltavam para que eu pudesse realizar meu sonho maior e continuar minha carreira de endodontista e futuro Mestre na Endodontia.

À *Professora Doutora Sandra Márcia Habitante*, pelo grande apoio no decorrer desta pesquisa e pelo carinho com que aceitou em participar de minha banca examinadora.

Aos *colegas de turma*, por terem tornado o período de curso tão agradável.

Ao *José Arauto Ribeiro*, pela dedicação no decorrer dos testes laboratoriais. Sua ajuda e paciência foram fundamentais.

Ao *Lamarindo Vendramini*, pelo apoio na realização dos testes laboratoriais.

Ao *Professor Doutor Evandro Luis Nohara*, chefe do Laboratório de Materiais e Tratamentos de Superfície e Nanotecnologia do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté, pela consideração, pois sem seu apoio não seria possível a realização desta pesquisa.

Aos *Professores Doutores Denise Raldi Pontes* e *Luiz Carlos Laureano da Rosa*, pelo auxílio fundamental na confecção da análise estatística.

"É melhor tentar e falhar, que preocupar-se a ver a vida passar, é melhor tentar, ainda que em vão, que sentar-se fazendo nada até o final. Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias tristes em casa me esconder. Prefiro ser feliz, embora louco, que em conformidade viver..."

Martin Luther King

Reis PRB. Avaliação in vitro da capacidade de corte e deformação de limas rotatórias de níquel-titânio [Dissertação de mestrado]. Taubaté: Universidade de Taubaté, Departamento de Odontologia, 2009. 82p.

RESUMO

Objetivo: A busca incessante de melhorar o preparo do canal radicular faz com que novos instrumentos sejam projetados. Porém, diversos fatores como ângulo de corte, secção transversal, conformação da ponta e conicidade influenciam a fratura desses instrumentos. Sendo assim, o propósito da presente investigação foi avaliar in vitro a capacidade de corte e deformação de lima rotatória F2 do sistema ProTaper Universal e da lima 25/06 do sistema EndoSequence, ambas de níquel-titânio em função do número de usos. **Método:** Para realização deste estudo foi utilizada uma amostra não aleatória por conveniência de dez limas rotatórias F2 do Sistema ProTaper Universal[®] e dez limas rotatórias nº 25/06 do Sistema EndoSequence[®]. **Resultados:** Na análise estatística descritiva do somatório dos desgastes das limas ProTaper Universal[®], o coeficiente de variação foi de 8,7%, e para o EndoSequence[®] foi de 9,12%. Quando comparada a eficiência de corte dos somatórios de desgastes não verificou-se diferença estatisticamente significativa entre as limas ProTaper Universal[®] e as EndoSequence[®]. As limas F2 ProTaper Universal[®] analisadas demonstraram perda de corte progressiva a partir do primeiro uso com estatística significativa até o quinto uso, enquanto as limas 25/0,6 EndoSequence[®] também demonstraram perda de corte progressiva significativa do primeiro ao quinto uso com exceção do quarto uso onde não houve perda de corte significativa em relação ao terceiro uso. Acredita-se que em função do exposto acima, quando se comparou a perda de corte dos diferentes usos entre os dois grupos só houve diferença estatística significativa na comparação entre o quarto uso na qual as limas EndoSequence[®] demonstraram melhor desempenho que as limas ProTaper Universal[®], no restante da comparação não houve diferença estatística significativa entre as limas estudadas. Quanto à deformação das limas estudadas verificou-se que não houve diferença estatisticamente significativa quando observadas em microscópio eletrônico de varredura. **Conclusões:** Mediante a metodologia utilizada e com base nos resultados obtidos concluiu-se que as limas ProTaper[®] e EndoSequence[®] apresentaram capacidade de corte semelhantes; no que se refere à deformação das limas, verificou-se que entre estas duas marcas utilizadas não houve diferença estatisticamente significativa.

Palavras-chave: Limas de Níquel-Titânio; Sistema rotatório; Capacidade de corte; Deformação.

Reis PRB. In vitro evaluation of the capability of cut and deformation of rotary nickel-titanium files [Dissertação de mestrado]. Taubaté: Universidade de Taubaté, Departamento de Odontologia, 2009. 82p.

ABSTRACT

Aim: The search to improve root canal preparation makes new instruments are designed. However, several factors such as cutting angle, cross section, forming the tip and taper influence the fracture of these instruments. Therefore, the purpose of this investigation was to evaluate in vitro the ability to cut and deformation of rotating file F2 ProTaper Universal[®] system and file system EndoSequence[®] of 25/06, both nickel-titanium based on the number of uses. **Methods:** For this study we used a non-random convenience sample of ten files rotary F2 ProTaper Universal[®] System and ten rotary files number 25/06 of System EndoSequence[®]. **Results:** In the descriptive statistical analysis of the sum of the loss of files ProTaper Universal[®], the coefficient of variation was 8,7%, and the EndoSequence[®] was 9,12%. When compared to the cutting efficiency of summation of damage there was no statistically significant difference between the files ProTaper Universal[®] and EndoSequence[®]. The F2 ProTaper Universal[®] files examined showed progressive loss of cut from the first use with statistically significant until the fifth use, while the 25/06 EndoSequence[®] files also demonstrated significant progressive loss of cutting from the first to the fifth use except the forth use, where there was no loss of significant cuts in relation to the third use. It is believed that based on the last sentence, when were compared the loss of cutting of different uses between both groups, there was only one statistically significant difference in the comparison between the forth uses, where the used EndoSequence[®] files shows better performance than the ProTaper Universal[®] files, and the rest of the comparison was not statistically significant between the files studied. As the deformation of the files examined it was found that there was no statistically significant when seen in the scanning electron microscope. **Conclusions:** Using the methodology used and based on the results obtained it was concluded that the ProTaper[®] files and EndoSequence[®] showed similar ability to cut, in relation to deformation of files, found that between these two marks used no difference statistically significant.

Keywords: Nickel-titanium files; Rotary system; Cutting capability; Deformation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Limas ProTaper Universal [®] (dourada) e Endosequence [®] (prateada)	47
Figura 2 –	Placas com angulação de 30 ^o	48
Figura 3 –	Placas contendo cinco sulcos	48
Figura 4 –	Coluna instalada em base circular para fixação dos corpos-de-prova	50
Figura 5 –	Cilindro confeccionado para suportar a peça reta e o contra-ângulo redutor	50
Figura 6 –	Aparato completo, apresentando a colocação de três anilhas de 50g cada	51
Figura 7 –	Sistema rotatório contínuo elétrico X-SMART [®] . Sistema rotatório contínuo elétrico X-SMART [®] . A) 250rpm para lima ProTaper Universal [®] ; B) 500rpm para as limas EndoSequence [®]	52
Figura 8 –	Irrigação das placas durante o ensaio	54
Figura 9 –	Fluxograma do ensaio de desgaste	56
Figura 10 –	Fotomicrografia da região a 3mm da ponta de uma lima EndoSequence [®] com aumento de 1000X. (A) antes do uso; (B) após instrumentação	57
Figura 11 –	Fotomicrografia da região a 3mm da ponta de uma lima ProTaper Universal [®] com aumento de 1000X. (A) antes do uso; (B) após instrumentação	58
Figura 12 –	Fotomicrografia da região a 9mm da ponta de uma lima EndoSequence [®] com aumento de 1000X. (A) antes do uso; (B) após instrumentação	58
Figura 13 –	Fotomicrografia da região a 9mm da ponta de uma lima ProTaper [®] com aumento de 1000X. (A) antes do uso; (B) após instrumentação	58
Figura 14 –	Fotomicrografia da região a 15mm da ponta de uma lima EndoSequence [®] com aumento de 190X. (A) antes do uso; (B) após instrumentação	59
Figura 15 –	Fotomicrografia da região a 15mm da ponta de uma lima ProTaper Universal [®] com aumento de 190X. (A) antes do uso; (B) após instrumentação	59
Figura 16 –	Fotomicrografia da fratura de uma lima EndoSequence [®] com aumento de 1000X, durante a quinta instrumentação	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade (g) de resina fenólica desgastada por cada lima ProTaper Universal [®] e o somatório de todos os desgastes	62
Tabela 2 – Estatística descritiva do somatório dos desgastes das limas ProTaper Universal [®]	62
Tabela 3 – Quantidade (g) de resina fenólica desgastada por cada lima EndoSequence [®] e o somatório de todos os desgastes	63
Tabela 4 – Estatística descritiva do somatório de resina fenólica desgastada das limas EndoSequence [®]	63
Tabela 5 – Desgastes das placas de resina fenólica	63
Tabela 6 – Comparação entre os usos das limas ProTaper Universal [®] e EndoSequence [®]	64
Tabela 7 – Escores atribuídos pelos diferentes examinadores das limas ProTaper Universal [®]	65
Tabela 8 – Escores atribuídos pelos diferentes examinadores das limas EndoSequence [®]	65
Tabela 9 – Comparação entre os usos das limas ProTaper Universal [®]	66
Tabela 10 – Comparação entre os usos das limas EndoSequence [®]	66

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANVISA	- Agência Nacional de Vigilância Sanitária
g	- Gramas
°	- Graus
°C	- Graus Celsius
Hz	- Hertz
=	- Igual
®	- Marca registrada
MEV	- Microscópio eletrônico de varredura
mL	- Mililitros
mm	- Milímetros
Ni-Ti	- Níquel-Titânio
n°.	- Número
%	- Percentual
pH	- Potencial hidrogeniônico
kN	- Quilonewton
rpm	- Rotações por minuto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
3 PROPOSIÇÃO	46
4 MÉTODO	47
4.1 CONFECÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA	47
4.2 MONTAGEM DO DISPOSITIVO DE ENSAIO DE DESGASTE	49
4.3 LIMPEZA DAS LIMAS EM CUBA ULTRASSÔNICA	52
4.4 MONTAGEM PARA LEITURA NO MICROSCÓPIO	53
4.5 ENSAIO DE DESGASTE	53
4.6 ANÁLISE DE DEFORMAÇÃO	57
4.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO	60
5 RESULTADOS	62
6 DISCUSSÃO	67
7 CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS	76
APÊNDICE	82

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o preparo do canal radicular tornou-se uma fase do tratamento endodôntico mais fácil de executar do que nos primórdios da Endodontia, uma vez que, o profissional utiliza cada vez mais recursos, sobretudo, de sistemas rotatórios mecânicos que facilitam o preparo do canal além de evitar o cansaço e o estresse que acometem o profissional no seu dia-a-dia.

Além do mais, deve-se ter em mente a importância de se realizar um adequado tratamento endodôntico, sendo que o avanço técnico-científico, cada vez mais crescente na Odontologia, proporciona procedimentos de melhor padrão. Por esta razão, espera-se uma frequente capacitação profissional tanto do clínico como do especialista para que esta série de novos produtos e técnicas torne o tratamento endodôntico mais rápido e eficiente.

A cada dia instrumentos com novos desenhos são fabricados, cujas lâminas cortantes, *designs* e tipos de liga propiciam maior contato de sua parte ativa com as paredes dos canais radiculares atingindo inclusive áreas de difícil acesso, além, é claro, de realizar remoção de dentina.

Diferentemente das limas de aço inoxidável, as quais são produzidas por torção de sua haste, os instrumentos de níquel-titânio (Ni-Ti) são produzidos por torneamento. Tal procedimento produz sulcos que define o *design* das lâminas, que, por sua vez, irá influenciar na sua flexibilidade, bem como na resistência à fratura gerada enquanto a lima está trabalhando no interior do canal (Kurtzman, 2006).

Desde a sua introdução em 1990, as limas de Ni-Ti se tornaram instrumentos muito usados na clínica endodôntica devido a sua singular capacidade

de modelar os canais radiculares e, ao mesmo tempo, produzirem menos complicações durante as manobras próprias da intervenção.

Outro detalhe importante diz respeito ao aumento cada vez maior de profissionais especialistas que buscam sua atualização e desenvolvimento valendo-se de instrumentos de Ni-Ti movidos a motores elétricos e pneumáticos.

Daí a importância da realização de pesquisas que venham aprimorar não só a técnica, tornando o profissional mais apto e motivando-o a levar ao seu consultório inovações para melhor atender à clientela, além de aperfeiçoar a prestação de serviço à comunidade acadêmica.

Mais ainda, os sistemas de rotação, tanto alternada quanto contínua, e após anos de estudos foram aprovados e consagrados, acredita-se que estes sistemas vieram para ficar; restando aos pesquisadores a obrigação de promover investigações para apurar o uso da técnica de preparo químico-cirúrgico do canal radicular.

Por outro lado, há de se levar em consideração o modelo experimental para realização de pesquisas em torno de instrumentos Ni-Ti, sobretudo, de novos instrumentos que estão sendo introduzidos no mercado odontológico.

Não obstante, elementos dentários extraídos de humanos devem de início, ser a escolha automática para este tipo de pesquisa, porém, sua utilização acaba sendo contra-indicada pela impossibilidade em se obter porções de geometria e dureza idênticas (Miserendino et al., 1988; Schäfer & Tepel, 1996).

Vários tipos de materiais vêm sendo empregados como substitutos da dentina nos experimentos de desgaste das limas. Dentre os diferentes substratos empregados para este fim sobressaem o osso bovino, dentina bovina, resina acrílica e resina fenólica, entendendo-se que investigações a respeito de análise da

capacidade e eficiência de corte desses instrumentos endodônticos, se fazem necessárias, além é claro, de observações de suas lâminas de corte durante diferentes números de uso para conferir a ocorrência de alterações estruturais.

Mas não é só o ensaio da capacidade de corte e deformação destes instrumentos, é de vital importância que se possa determinar inicialmente quanto o instrumento promove de remoção de dentina do interior do canal. A compreensão da deformação das lâminas do instrumento usado inúmeras vezes possibilita a conscientização da diminuição da capacidade de corte deste instrumento inviabilizando seu uso, uma vez que, pode ocorrer fratura.

No entanto, julga-se que o descarte deste instrumento, do ponto de vista clínico, após diversos usos deva ser definido, já que os instrumentos de Ni-Ti são usinados apresentando menores deformações visíveis antes de fraturar-se, o que representa uma dificuldade para o endodontista fazer uma avaliação visual dos defeitos das lâminas e espiras dos instrumentos e presumir o momento de descartá-lo definitivamente.

O sistema ProTaper[®] foi desenvolvido pelos cirurgiões-dentistas Clifford Ruddle (EUA), John West (EUA) e Pierre Machtou (França), com o auxílio de engenheiros da Dentsply Maillefer, doutores Francois Aeby e Gilbert Rota (Ruddle, 2008).

As limas EndoSequence[®] (Brasseler EUA, Savannah, GA), comercializadas apenas nos Estados Unidos com essa nomenclatura, recebem, por razões comerciais, o nome de EndoWave[®] na Europa e na Ásia, assim como ocorrerá no Brasil, tendo em vista que a distribuidora será a mesma, J. Morita Corporation, Osaka/Japão. Contudo, essa distribuição depende ainda da conclusão do processo de registro da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

Desta forma, este estudo objetivou investigar, in vitro, a capacidade de corte e deformação das limas rotatórias ProTaper Universal[®] e EndoSequence[®], ambas de Ni-Ti, em função do número de uso.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Civjan et al. (1975) realizaram um trabalho objetivando introduzir a liga de Ni-Ti na Endodontia. De acordo com os autores o Ni-Ti poderia ser usado na confecção das limas endodônticas conferindo a mesma propriedade de superelasticidade baseado na mudança de fase austenítica e martensítica.

Walia et al. (1988) compararam as recém-lançadas limas endodônticas de Ni-Ti com as tradicionais limas de aço inoxidável. Os dois grupos sofreram testes a fim de analisar a flexibilidade e a resistência à torção no sentido horário e anti-horário. Sob as condições do estudo, concluíram que as limas de Ni-Ti apresentaram flexibilidade de duas a três vezes maior, bem como possuíam maiores valores na resistência à fratura, tanto no sentido horário quanto anti-horário, quando comparadas com limas de aço inox.

Câmara (2008), Clauder & Baumann (2004), Bonetti Filho (2009) e Ruddle (2001-2006) descreveram o sistema ProTaper® como sendo de conicidade variável, o que lhe confere maior flexibilidade quando comparado a outros sistemas de Ni-Ti, apresentando-se nas versões rotatória e manual. São fabricados nos tamanhos de 21, 25 e 31mm de comprimento. A ponta do instrumento é não-cortante, possibilitando o avanço do instrumento suavemente pela trajetória original do canal. Apresenta cabo com tamanho de 12,5mm e parte ativa (lâmina) com 14mm de comprimento, o que facilita o trabalho nos molares superiores e inferiores. De acordo com os autores, o sistema ProTaper® original é composto por seis instrumentos, divididos em dois grupos: os três primeiros instrumentos são denominados de limas de formatação SX, S1 e S2 e, os três últimos são denominados de limas de

acabamento F1, F2 e F3. Em 2006, o sistema ProTaper[®] sofreu algumas modificações pelo fabricante, passando a se chamar ProTaper Universal[®]. Dentre as modificações, foram introduzidos dois novos instrumentos, no grupo de acabamento, o F4 e F5. Segundo o fabricante, outros aprimoramentos caracterizam o novo sistema, como: ponta com guia mais arredondada e ausência de ângulo de transição, permitindo maior segurança durante a instrumentação; modificação na dimensão de fabricação de alguns instrumentos, fazendo com que a transição entre eles seja mais suave (West, 2006) e alteração na seção transversal do instrumento F3 (em formato de “U”) com a finalidade de se obter melhor flexibilidade e segurança. Os instrumentos S1 e S2 são responsáveis por prepararem o terço cervical e médio do canal, bem como promover o alargamento progressivo da região apical do canal. O instrumento S1 é reconhecido por um anel roxo localizado no cabo que possui a cor dourada, o diâmetro da ponta (D0) possui 0,18mm e tem aumento de conicidade variando de 2 a 11% entre D1 e D14. Os instrumentos S2 são identificados por um anel branco no cabo dourado, medem 0,20mm em D0 e tem o aumento de conicidade variando de 4 a 11,5% entre D1 e D14. O instrumento Sx possui 0,19mm de comprimento tanto na sequência de 25mm quanto na de 21 mm, possui o cabo dourado sem nenhum anel de identificação. Além disso, possui nove incrementos de conicidade que variam de 3,5% em D1 a 19% em D9 e, de D10 a D14 o aumento da conicidade é fixo em 2%. Os instrumentos de formatação (S1, S2, Sx) devem ser utilizados com ação de pincelamento nas paredes dos canais, devendo-se evitar as zonas de perigos (Ruddle, 2001; Clauder & Baumann 2004), e pressão lateral, o que proporciona uma melhor qualidade do preparo, principalmente em canais achatados (Ruddle, 2003).

Ainda de acordo com os autores, os instrumentos de finalização ou acabamento denominados F1, F2, F3, F4 e F5 são fabricados nos tamanhos de 21, 25 e 31mm e têm por finalidade a instrumentação das variações de diâmetro do terço apical. O instrumento F1 possui o D0 com 0,20mm, é identificado por um anel amarelo no cabo dourado, a conicidade é de 7% entre D1 e D3. O instrumento F2 possui D0 de 0,25mm e um anel vermelho localizado no cabo dourado para sua identificação, a conicidade entre D1 e D3 é fixa em 8%. O instrumento F3 é identificado por um anel azul no cabo dourado, o D0 é de 0,30mm entre D1 e D3 a conicidade é fixa em 9%. Os novos instrumentos de finalização apresentam redução na conicidade, para os instrumentos F1 e F2 e a redução é de 5,5% entre D4 e D14, para o instrumento F3, a redução é de 5% entre os mesmos diâmetros. O instrumento F4 é identificado por dois anéis pretos no cabo dourado, possui um diâmetro de ponta (D0) de 0,40mm, com conicidade nos 3mm apicais de 0,06 mm/mm. O instrumento de finalização F5, com haste de fixação dourada e dois anéis de identificação amarelos, possui um diâmetro de ponta (D0) de 0,50mm com uma conicidade nos 3mm apicais de 0,05. Os instrumentos S1, S2, SX, F1 e F2 possuem secção transversal triangular convexa, com a finalidade de aumentar o corpo do instrumento proporcionando um aumento da resistência à fratura, os instrumentos F3, F4 e F5 possuem a secção transversal triangular côncava, o que lhes confere forma de "U" proporcionando diminuição do corpo da lima e ocasionando em aumento da flexibilidade.

Segundo Flores & Moura (2009), o sistema EndoSequence[®] foi desenvolvido pela *Real World Endo* em conjunto com a *Brasseler* – USA. Esse sistema oferece limas de 0,06 e 0,04mm de conicidades constantes. Seu desenho é considerado revolucionário, pois foi desenvolvido com Pontos Alternados de

Contatos (ACPS), o que permite que a lima fique centralizada nos canais, bem como, reduzem o torque da lima e, conseqüentemente, a resistência ao giro. Possuem um *design* sem guias radiais e com ponta de precisão inativa. Outra característica do sistema EndoSequence[®] é o eletropolimento com a finalidade de remover as imperfeições das lâminas. Para os autores, as limas EndoSequence[®] possuem secção triangular, o que lhes conferem grande poder de corte comparável com o sistema ProTaper[®]. O sistema em questão apresenta tanto ângulos helicoidais como *pitch* variáveis. Devem trabalhar no interior do canal com velocidade entre 450 e 600rpm e geram um ruído característico (*click*) no interior do canal, estando disponíveis nos tamanhos de 21, 25 e 31mm, sendo oferecidos em apresentações com instrumentos individuais ou em caixas de procedimentos (pequeno, médio e grande).

De acordo com Alves-Claro et al. (2008), a seleção de um método gravimétrico (diferença de peso) para medição da eficiência de corte das limas endodônticas foi feita pela simplicidade oferecida e na expectativa que sua utilização pudesse reduzir a controvérsia existente entre os resultados já obtidos por outros pesquisadores usando diferentes técnicas. Entretanto, mediante aos reduzidos valores encontrados para a perda de peso do material sendo desgastado pelo trabalho de limagem, o sucesso da técnica selecionada, tornou-se fortemente dependente da capacidade de se evitar que fatores outros que não a própria perda gerada do corte da lima venham interferir no resultado obtido. O autor ressaltou que, antes de optar pelo uso da resina fenólica precedeu-se de pesquisa exploratória com algumas das alternativas encontradas na literatura, as quais, entretanto, apresentam os seguintes inconvenientes: 1) em dentes humanos se descartou esta possibilidade de uso deste substrato graças à dificuldade de se conseguir dentes com dureza

homogênea; 2) uma alternativa é o osso de fêmur bovino, porém, pesquisa realizada com este material mostrou sua incapacidade devido a forte condição higroscópica encontrada e; 3) a utilização do polimetilmetacrilato representada pelo acrílico ou *plexiglass* aponta em avaliações práticas, a impossibilidade de se optar por este material, o qual, em decorrência de sua baixa dureza e alta ductilidade, responde ao ciclo de desgaste sem qualquer perda de peso do material, porque provavelmente, se deformam ao invés de se desgastar. Por exemplo, o valor médio de microdureza das placas de acrílico foi o menor dentre todos os materiais pesquisados pelo autor. Por sua vez, a microdureza das placas de resina fenólica e do osso de fêmur bovino úmido demonstrou significativa evidência estatística em termos de igualdade em dureza *Vickers* o que permite o uso destas placas em experimentos substituindo em termos comparativos, o osso bovino úmido. Desta forma, o autor concluiu que a resina fenólica além de apresentar dureza homogênea similar ao osso bovino úmido e baixa higroscopia, possui boa estabilidade dimensional, baixo custo de preparação, reprodutibilidade controlável na preparação das amostras e apresentou perda de peso em resposta ao ciclo de limagem.

A respeito da avaliação sobre os efeitos do emprego da esterilização na eficiência de corte de limas endodônticas de uso manual, Morrison et al. (1989) utilizaram os referidos instrumentos que foram divididos em quatro grupos de acordo com o número, sendo: um, cinco e dez molares e um grupo controle representado por placas sulcadas de resina fenólica. Os autores observaram diferença significativa na eficiência de corte dos instrumentos usados em um e cinco molares. Entretanto, a diferença de perda de corte entre o grupo de cinco e dez molares não foi significativa do ponto de vista estatístico, o que quer dizer que, a maior perda de corte ocorreu entre a instrumentação de um e cinco molares. No grupo controle utilizou-se um

procedimento de uso linear contínuo mecanizado, realizando movimentos de ida e volta em placas sulcadas de resina fenólica. Com base nos resultados obtidos, os autores concluíram que a resina fenólica foi um excelente substrato para o teste de corte, pois, o material eliminou as variações da dentina.

Lopes & Elias (2001) detalharam a fratura por torção e flexão em instrumentos rotatórios de Ni-Ti. De acordo com o estudo, por eles realizado, o travamento da ponta do instrumento na dentina das paredes do canal radicular onde o carregamento cisalhante for maior que o limite de resistência, haverá fratura do instrumento no ponto em que o mesmo foi imobilizado.

Mateus et al. (2003) verificaram as consequências da velocidade de rotação do ângulo e raio de curvatura dos canais radiculares na ruptura dos instrumentos rotatórios de Ni-Ti. Para isso, selecionaram 240 molares, separados conforme a angulação dos canais. Utilizaram instrumentos do sistema K3[®] e ProTaper[®]. Os canais foram preparados com rotações de 150, 250 e 350rpm. Baseados nos resultados, os autores concluíram que as limas usadas com 350rpm fraturaram mais que as utilizadas com 150 e 250rpm e que os canais que possuíam ângulos de curvatura mais acentuados favoreceram as fraturas. Além disso, o raio de curvatura não influenciou, estatisticamente, na ruptura do instrumento.

No entendimento de Ruddle (2003), diversos fatores influenciam na fratura dos instrumentos endodônticos, destacando-se a conicidade do instrumento (*Taper*); se a conicidade é fixa ou variável; se o ângulo de corte se apresenta negativamente, positivamente ou de forma neutra; a forma geométrica da secção transversal do instrumento; a conformação da ponta e; a angulação helicoidal das lâminas cortantes. Todas essas características irão formar o *design* do instrumento,

que no caso de Ni-Ti, determinarão a flexibilidade, a eficiência de corte e a deformação e, conseqüentemente, a segurança do uso do instrumento rotatório.

Berutti et al. (2004) estudaram a influência do torque e do pré-alargamento manual nas falhas do uso do instrumento rotatório ProTaper®. Para tanto, utilizaram os instrumentos S₁, S₂, F₁ e F₂ acionados pelo motor elétrico W&H WB75 M com rotação de 300rpm e blocos de treinamento endodôntico confeccionado em resina acrílica (Maillefer®) com conicidade 0,02mm e ápice calibre 15. O pré-alargamento foi realizado com lima K-file (Dentsply, Maillefer®) n°. 10 e 15 e lima Nitiflex 20 (Dentsply, Maillefer®). Os resultados mostraram que o pré-alargamento manual produziu um incremento próximo de seis vezes mais dos blocos de treinamento endodôntico quando instrumentados com F₁, até que a falha fosse observada. Adicionalmente o uso de torque mais elevado aplicados nos instrumentos S₂, F₁ e F₂ permitiram estatisticamente o uso mais prolongado dos mesmos, quando comparados com o uso de torques mais baixos, até que a falha fosse observada.

Darabara et al. (2004) analisaram os efeitos corrosivos do hipoclorito de sódio a 1% e do EDTA a 17% sobre limas de aço inox manuais dos fabricantes Mani e Dentsply Maillefer e também sobre as limas manuais de Ni-Ti de fabricação da Dentsply Maillefer. Concluíram que sob as condições do estudo as ligas estudadas não sofreram cavitações ou fendas por corrosão em função das soluções empregadas.

File et al. (2004) avaliaram o ciclo de fadiga dos instrumentos ProTaper® depois de sua utilização clínica. Utilizaram 225 instrumentos divididos em três grupos: A – 75 limas controle; B – 75 limas usadas em dois molares (seis e oito canais); C – 75 limas usadas em quatro molares (12-16 canais). Não houve ruptura

de nenhum dos instrumentos S₁, S₂, F₁, F₂ e F₃, mesmo nas limas que foram utilizadas para quatro molares. A seguir todos os três grupos foram testados para fadiga cíclica pelo método descrito por Gambarini (2001). Os números de rotações necessárias para rupturas dos instrumentos foram anotados e submetidos ao teste estatístico ANOVA, não havendo significância estatística entre os grupos. Concluíram que outros fatores, principalmente erros e utilização indevida, podem ser os maiores responsáveis pela fratura das limas ProTaper[®] no interior do canal sugerindo que novos estudos sejam realizados para verificar os diferentes níveis de fadiga cíclicas em diferentes raios de curvaturas radiculares.

Segundo Lopes & Siqueira Júnior (2004), não existem normas de padronização para os instrumentos rotatórios de Ni-Ti, os quais apresentam comprimentos do corpo e lâmina ativa, convexidade e diâmetro variáveis segundo a marca comercial.

Veltri et al. (2004) analisaram a capacidade de desgaste dentinário de canais curvos de molares mandibulares humanos extraídos utilizando o Sistema ProTaper[®] (SPT) e o Sistema GT (SGT). Para tanto, utilizaram dois grupos com dez dentes com curvatura radicular (método *Weine*) entre 23° e 54°. Foram realizadas radiografias iniciais em um dispositivo radiográfico que permitiu a tomada da radiografia final na mesma posição. O primeiro grupo foi instrumentado com dois conjuntos do SPT e o segundo grupo com dois conjuntos de SGT. Após a tomada da radiografia final, realizaram a sobreposição das imagens digitalizadas e uma análise comparativa computadorizada do desgaste sobre as paredes dentinárias do canal. O tempo de trabalho do SPT foi estatisticamente menor que o tempo SGT. A extensão do desgaste médio do canal após a instrumentação foi regular em todos os pontos

de referência não apresentando diferença estatística. Houve fratura de dois instrumentos de cada grupo.

Guelzow et al. (2005) compararam, ex vivo, alguns parâmetros do preparo endodôntico usando uma técnica manual e seis diferentes sistemas rotatórios (Flex Master[®], System GT[®], Hero 642[®], K3[®], ProTaper[®] e RaCe[®]). Um total de 147 molares inferiores extraídos foi dividido em sete grupos. Todos os canais radiculares foram preparados usando a técnica coroa-ápice para os sistemas rotatórios e utilizou-se um preparo estandarizado para o preparo manual (limas K e Hedstron). Não foi encontrada diferença significativa entre os sistemas rotatórios para alteração no comprimento do trabalho. Todos os sistemas Ni-Ti mantiveram a curvatura do canal. O sistema ProTaper[®] obteve o menor número de irregularidades no diâmetro pós-preparo. Ocorreu fratura de três limas ProTaper[®] enquanto nos sistemas GT[®], Hero 642[®], K3[®] e na técnica manual ocorreu apenas uma fratura. Concluíram que todos os sistemas Ni-Ti mantiveram a curvatura do canal, sendo associados a poucas fraturas e foram mais rápidos que os instrumentos manuais.

Segundo Koch & Brave (2005), em um trabalho expositivo, o sistema EndoWave[®] apresenta pontos de contatos alternados ao longo da sua superfície de corte. Esta configuração não apenas mantém a lima centralizada no canal, mas também, os pontos de contato alternado limitam o enroscamento e reduzem o torque necessário para o funcionamento da lima. As limas EndoSequence[®] são submetidas a um processo denominado eletropolimento que remove muitas imperfeições da liga de Ni-Ti, imperfeições estas que pode levar a lima à fratura. O resultado é uma lima rotatória com melhor eficiência de corte, menor resistência lateral, incrementando a resistência ao uso.

Avaliar alguns parâmetros do preparo de canal automatizado usando instrumentos rotatórios RaCe[®] e ProTaper[®] foi o objetivo de Paqué et al. (2005), que avaliaram: retificação da curvatura do canal, formato final produzido, limpeza dos canais, incidência e produção de iatrogenias, tais como fraturas de limas, perfurações e perda do comprimento de trabalho. Para tanto, utilizaram uma amostra composta por cinquenta molares mandibulares humanos extraídos com curvatura entre 20° e 40°, preparados até o diâmetro final 30, usando os sistemas RaCe[®] ou ProTaper[®] em velocidade de 300rpm e controle de torque. Tomando por base os resultados obtidos, os autores concluíram que ambos os sistemas mantiveram a curvatura e a centralização dos canais, bem como não removeram completamente o *smear-layer*, não sendo capazes de remover todos os debris. Em termos de produção de iatrogenias, ambos os sistemas se mostraram seguros.

Yoshimine et al. (2005) compararam o efeito do desgaste do sistema ProTaper[®], K3[®] e RaCe[®] em blocos de resinas com canais simulados em formato de “S” com ênfase para o transporte apical. Dez blocos de resina foram instrumentados para cada sistema usando a técnica *crown-down* com velocidade de 250rpm e torque nível três com contra-ângulo 8:1. A lima final usada foi n° 30, sendo os canais, lubrificados com RC-Prep e lavados com água após o uso de cada lima. Cada Instrumento foi utilizado cinco vezes e depois substituído. As imagens pré e pós-instrumentação foram gravadas em um estereomicroscópio conectado a câmera CCD. O grupo ProTaper[®] causou grande alargamento quando comparado com os outros dois grupos, especialmente, em ambos os lados do corpo das curvas, tendendo a retificar os canais. O Grupo ProTaper[®] apresentou tendência a formar *zip* apical ou desvio apical em todos os canais; os outros dois grupos mostraram mudanças suaves no formato original do canal.

Aasim et al. (2006) efetuaram uma pesquisa objetivando analisar a eficácia da imersão de instrumentos endodônticos em soluções enzimáticas para pré-limpeza destas em cubas ultrassônicas e o tempo decorrido do ciclo ultra-sônico. Os referidos instrumentos foram usados em pacientes e, a seguir, divididos em grupos. Estes foram mergulhados em soluções enzimáticas de limpeza sendo, posteriormente, levados a cubas ultra-sônicas durante cinco, dez, trinta e sessenta minutos. Em outro grupo as limas foram levadas diretamente para a cuba ultrassônica sem mergulho prévio e os dois grupos controles não foram levados ao mergulho nem a cuba ultrassônica. Todas as limas foram analisadas em microscópio óptico com aumento de quarenta vezes. Concluíram que o mergulho prévio em soluções enzimáticas não possuiu efeito adicional na limpeza das limas sendo que o uso da cuba ultra-sônica foi o regime que melhor resultado obteve na limpeza das limas, porém, sem significado estatístico no que diz respeito à limpeza das limas acima do tempo de cinco minutos.

Miyai et al. (2006) investigaram a relação entre as propriedades funcionais, torção e flexão, bem como o comportamento da fase de transformação que é medida de varredura calorimétrica de instrumentos endodônticos de Ni-Ti. Valeram-se de cinco tipos de instrumentos: EndoWave[®], Hero 642[®], K3[®], ProFile[®] e ProTaper[®]. O teste de torção foi feito segundo a publicação ISO 3630-1. O instrumento ProTaper[®] apresentou um valor máximo de torque e com significado estatístico quando comparado com as limas EndoWave[®] e ProFile[®], fato este que confere maior resistência a fratura do instrumento ProTaper[®] ao sofrer torção. No entanto, a transformação de temperatura foi significativamente mais baixa para as limas HERO 642[®] e K3[®] significando valor de torque mais alto, o que impõe maior resistência à fratura.

Santos et al. (2006), a fim de verificar o desvio do canal durante a instrumentação, valeram-se do sistema K3[®] e ProTaper[®]. Utilizaram dois grupos de dez raízes méso-vestibulares de dentes humanos extraídos com angulação de 39°. Cada grupo foi instrumentado até o comprimento de trabalho que foi determinado a 1mm aquém do forame apical, sendo o instrumento final do grupo ProTaper[®], a lima F3 e do grupo K3[®], a lima 30/4. A instrumentação seguiu as orientações de seus respectivos fabricantes. A mensuração do desvio do canal se deu pelo método da dupla exposição radiográfica (inicial e final) e a diferença em três pontos foi obtida com o programa de análise de imagem chamado Imagetool[®]. Uma avaliação adicional foi obtida com a tomografia computadorizada GE Medical Systems com cortes de 1mm. A área de maior desvio foi analisada para ambos os grupos. Quando submetidos aos testes paramétricos *Student – Newman e Keuls* não houve desvio radicular significativo entre os grupos. A análise computadorizada mostrou, para ambos os grupos, que a área onde houve maior desvio foi a disto-lingual nos terços médios e apicais.

Tanalp et al. (2006) avaliaram a quantidade de debris nos sistemas ProTaper[®], ProFile[®] e Hero[®]. Para tanto, vinte incisivos centrais inferiores humanos extraídos foram instrumentados com cada um dos sistemas, sendo o limite de trabalho, de 1mm aquém do forame apical. Os debris extravasados foram colhidos em tubos de polietileno, desidratados e comparados entre os grupos teste. Os autores constataram que houve extravasamento de debris em todos os dentes estudados, porém, o grupo do sistema ProTaper[®] produziu significativamente mais extravasamento quando comparado ao sistema ProFile[®]. Não existiu diferença significativa entre os demais grupos analisados. O sistema ProFile[®] foi o que extravasou a menor quantidade de debris.

Versiani (2006) analisou comparativamente *ex vivo* as imperfeições do preparo de canais curvos com o sistema ProTaper[®], ProFile[®] e Prosystem GT[®], por meio de tomografia helicoidal. Para tanto, utilizou quarenta molares humanos extraídos cujas raízes mesiais possuíam ápices fechados, ângulos de curvatura de 20° e raio de curvatura menor que 10mm. Os dentes foram escaneados por meio de tomografia computadorizada helicoidal. Os canais foram preparados por um único operador até as limas finais de diâmetro ISO 30. Os corpos-de-prova foram então submetidos novamente ao exame tomográfico. O aumento percentual da área foi calculado a partir da diferença entre a área do canal preparado e a área do canal não preparado, não houve diferença estatística entre os grupos.

Wolcott et al. (2006) realizaram estudo cujo objetivo foi determinar a incidência de fraturas das limas ProTaper[®] quando utilizadas cinco vezes. Foram estudados 4.652 canais executados ao longo de 17 meses por um grupo de cinco endodontistas. Os dados foram submetidos à análise estatística *R* versão 2.0.1 (2005), sendo que, a lima F3 foi a que mais fraturou, com 34 de um total de 113 limas e, a lima que menos fraturou foi a lima F1 com apenas duas limas. Das fraturas, 94% ocorreram em molares, 3,5% em pré-molares e 1,8% em dentes anteriores. Houve significância estatística para a fratura da lima F3 no quinto uso em relação às demais limas e usos. O percentual total de limas fraturadas foi de apenas 2,4%. Muitos fabricantes recomendam que os instrumentos sejam de uso único, entretanto, os resultados do estudo demonstraram que a reutilização das limas por quatro vezes não alterou a incidência de fratura.

Yang et al. (2006) compararam a capacidade de corte de dois instrumentos rotatórios de Ni-Ti: ProTaper[®] (*taper* progressivo) e Hero 642[®] (*taper* constante) durante o preparo de canais curvos simulados em blocos de resina. Dois

tipos de blocos foram usados na investigação: blocos com canais em forma de “L” com diâmetro ISO 15, ângulo de 40° (*Schneider*) e raio de 6mm (*Pruett*) e blocos com canais em forma de “S”, com diâmetro ISO 15 e duas curvas com 36°, sendo que o raio da curva coronal foi de 6mm e da curva apical de 3mm. A preparação dos blocos seguiu as instruções do fabricante dos instrumentos. O preparo final foi realizado até o instrumento 30 para os canais em “L” e até o tamanho 25 para os canais em “S”. A avaliação da forma de preparo foi realizada com o programa de computador *Imagem Pró 5.0*[®]. A composição da imagem foi produzida pela sobreposição de imagem pré e pós-preparação, com o aumento de 40X. Concluíram que os instrumentos ProTaper[®] e Hero 642[®] prepararam canais curvos rapidamente, mantiveram o comprimento de trabalho e foram relativamente seguros, pois não provocaram perfurações nas zonas de perigo. Em ambos os tipos de canais, os instrumentos Hero 642[®] mantiveram melhor a forma do canal e mais centralizados que os instrumentos ProTaper[®]. Os instrumentos ProTaper[®] tenderam ao transporte externo apical nos canais em “L” e nos canais em “S”, havendo, ainda, tendência a retificação dos mesmos. A Hero 642[®] produziu canais mais estreitos no terço apical que os instrumentos ProTaper[®].

Anderson et al. (2007) investigaram os efeitos de eletropolimento na fadiga por flexão e na fadiga por torção de instrumentos rotatórios de Ni-Ti, dos sistemas EndoWave[®], ProFile[®] e RaCe[®]. Todos os instrumentos estudados foram de calibre ISO 0,30 e 0,04 Taper com comprimento de 25mm. Dois grupos de cada instrumento foram avaliados: eletropolidos e não eletropolidos, perfazendo um total de seis grupos. As amostras eletropolidas foram obtidas de seus respectivos fabricantes e, as amostras não eletropolidas foram retiradas da linha de produção, antes que sofressem o processo de eletropolimento. O número de rotações até a

fratura e o toque, necessário para fratura, foi determinado e comparado. Todos os instrumentos eletropolidos obtiveram desempenho significativamente melhor do que os não eletropolidos nos testes de fadiga cíclica e, em menor medida, nos testes de carga torcional. Baseados nos resultados obtidos, os autores concluíram que o acabamento superficial das limas rotatórias de Ni-Ti é determinante para a resistência dos instrumentos. No entanto, apesar do eletropolimento, podem ser considerados, na hora da escolha do sistema de instrumentação, outros fatores, tais como *design* do instrumento, qualidade final do canal preparado, eficiência e segurança.

Comparar o tipo e modo de fratura dos instrumentos manuais e rotatórios de Ni-Ti, com o mesmo *design*, após a rotina de uso clínico, foi o propósito de Cheung et al. (2007), que analisaram instrumentos descartados na Clínica da Escola de Estomatologia e Hospital da Universidade de Wuhan. Um total de 401 limas ProTaper[®] manuais e 325 limas ProTaper[®] rotatórias. Os instrumentos faturados foram observados em MEV. Concluíram que o tipo de fratura foi diferente para os dois instrumentos, prevalecendo a deformação plástica nos instrumentos do sistema ProTaper[®] manual.

Com o propósito de analisar a capacidade de corte e deformação das limas K3[®] e RT Densell[®], Gonçalves (2007) utilizou cinquenta canais radiculares simulados, confeccionados em resina fenólica, os quais foram divididos em dois grupos. O grupo A foi instrumentado com limas do sistema rotatório RT Densell[®], enquanto o grupo B com limas do sistema rotatório K3[®]. Os blocos dos canais simulados foram pesados antes e após instrumentação, para se certificar da quantidade de resina removida em cada sistema. Os blocos dos canais simulados foram secos em uma estufa modelo 515 B (Fanem/Guarulhos, SP-Brasil) a 50^o C por

um período de 12 horas, com vistas à desidratação, procedimento esse realizado antes e depois da obtenção dos pesos dos blocos. Os resultados revelaram que as limas de Ni-Ti do sistema rotatório da marca RT Densell[®] possuem maior capacidade de corte do que as limas do sistema rotatório da marca K3[®], com significado estatístico. Considerando a superfície das lâminas de corte observadas no microscópico, foi verificado que ocorreu maior desgaste nas limas do sistema rotatório RT Densell[®] quando comparadas com as limas K3[®], porém, sem significado estatístico.

Herold et al. (2007) avaliaram a formação de microfraturas em instrumentos rotatórios de Ni-Ti utilizando microscópio eletrônico de varredura (MEV) nos aumentos de 500X, 1000X e 2000X. Os instrumentos foram analisados antes e após sete e 14 utilizações em MEV. Os autores utilizaram clínica simulada com canais de molares extraídos e instrumentados com os sistemas EndoSequence[®] utilizando 300rpm, 600rpm, e ProFile[®] 300rpm até o instrumento final ISO 35 Taper 06. Os dados colhidos foram: presença de microfratura após a preparação de sete e 14 canais, deformação e fratura das limas. No grupo EndoSequence[®] usado com 600rpm, nove limas fraturaram e quatro apresentaram deformação plástica; quando usadas com 300rpm, quatro limas fraturaram e dez mostraram deformação plástica. No grupo ProFile[®] não houve nenhum caso de fratura. Concluíram que o eletropolimento não foi capaz de inibir a formação de micro-fraturas em instrumentos EndoSequence[®] Taper 06. Todas as limas *Endosequence*[®] Taper 06 desenvolveram micro-fraturas após o preparo de sete molares. No entanto, apesar da fratura de limas rotatórias de Ni-Ti ser indesejável durante o uso clínico, os cirurgiões-dentistas que as utilizarem em um ou dois casos não correm estatisticamente o risco de obterem fratura.

Inan et al. (2007) analisaram topograficamente as limas rotatórias de Ni-Ti do sistema ProTaper® valendo-se de microscopia de força atômica. Compararam quatro instrumentos novos com quatro instrumentos empregados no preparo de canais mesiais de primeiros molares inferiores de cinco pacientes. Os instrumentos de numeração S1 e S2 (limas *de* formatação) e F1 e F2 (limas de acabamento) foram analisados em 11 pontos ao longo da parte ativa. Concluíram que a microscopia de força atômica se mostrou um método prático e eficiente para a análise de superfície de limas endodônticas. A comparação dos instrumentos novos e após cinco utilizações demonstrou significativa deterioração dos mesmos. A deterioração da superfície das limas de acabamento foi maior que a deterioração das limas *de* formatação.

Javaheri & Javaheri (2007) investigaram o transporte apical e a mudança na curvatura de três sistemas rotatórios de Ni-Ti: Hero 642®, RaCe® e ProTaper®. Para tanto, utilizaram sessenta canais méso-vestibulares de primeiros molares superiores com curvatura entre 25° e 35°, que foram preparados usando a técnica coroa-ápice até o calibre dos instrumentos ISO 0,30. Uma plataforma radiográfica foi utilizada para a obtenção de imagens pré e pós-instrumentação, bem como, análise computadorizada para ampliação e sobreposição da imagem radiográfica. O grupo ProTaper® apresentou, estatisticamente, tendência a formação de *zip* e formação de grau em todas as paredes do canal. Os autores observaram significantes mudanças na curvatura dos canais no grupo ProTaper® em relação aos outros dois grupos. Concluíram que, no preparo de canais com curvatura complexa, especialmente do terço apical, instrumentos com Tapers menores e sistemas mais flexíveis de Ni-Ti devem ser utilizados, tal qual o sistema RaCe®. Recomendaram que o sistema

ProTaper[®] seja usado em combinação com outros sistemas flexíveis para evitar o transporte apical, alterações e curvaturas dos canais.

Lopes et al. (2007) analisaram a influência do comprimento do arco do canal com a quantidade de rotações realizadas até que ocorra fratura do instrumento de Ni-Ti. Para tanto utilizaram o instrumento F3 do sistema ProTaper Universal[®] rotacionados a 250rpm e canais artificiais de aço inoxidável com diâmetro interno de 1,04mm e raio de curvatura de 6mm. O primeiro grupo trabalhou em canais artificiais que possuíam arco de 9,4mm e a parte reta de 10,6mm. O segundo grupo trabalhou em canais artificiais que possuía arco de curvatura de 14,1mm e a parte reta de 5,9mm. Concluíram que o instrumento F3 resistiu a um menor número de rotações, até a fratura, quando utilizado em canais artificiais com maior comprimento de arco.

Nóvoa et al. (2007) analisaram a resistência à corrosão dos instrumentos rotatórios de Ni-Ti inseridos em uma solução de hipoclorito a 5,25%. Foram testados nove instrumentos ProTaper[®] S1 de 25mm em dois tipos de hipoclorito de sódio a 5,25%; um com pH de 12,3 e outro com pH de 10,1 neutralizado por meio do uso H₂SO₄. As mudanças morfológicas das superfícies dos instrumentos foram observadas por meio de MEV. Concluíram que a liga de Ni-Ti corroeu no pH 12,3, principalmente quando associada galvanicamente ao ouro niquelado do cabo do instrumento, porque o ouro catalisou a redução do hipoclorito. Concluíram ainda, que a resistência a corrosão pôde ser aumentada reduzindo o pH da solução de hipoclorito para 10.1.

Ray et al. (2007) realizaram estudos cuja finalidade foi verificar a fadiga cíclica dos instrumentos K3[®] e EndoSequence[®]. Para tanto, fizeram uso de oito diferentes tipos de limas do sistema rotatório a 300rpm e 600rpm e comprimento de 25mm. No grupo onde usou a marca EndoSequence[®] foram testadas as limas n^{os} 25

Taper 0.4, lima 25 Taper 0.6, lima 40 Taper 0.4 e lima 40 Taper 0.6. No grupo das limas K3[®] foram testados os instrumentos números 25 Taper 0.4, lima 25 Taper 0.6, lima 40 Taper 0.4 e lima 40 Taper 0.6. Cada lima foi rotacionada livremente até a fratura em contato com uma área altamente polida de um bloco de aço inoxidável com angulação de 15° em relação ao plano horizontal. Os dados foram inicialmente analisados com quatro fatores de variância: tipo de lima, rotações, tamanho e Taper. Os resultados mostraram que o *designer* foi mais importante que o eletropolimento na fratura por fadiga cíclica. Em ambas as rotações os instrumentos K3[®] com mesmo tamanho e Taper realizaram mais ciclos rotacionais até a fratura que os instrumentos EndoSequence[®] com significado estatístico.

Sakane (2007) comparou a capacidade de corte do primeiro ao quinto uso e o desgaste após o quinto uso de limas endodônticas de Ni-Ti manuais (n° 35) de três marcas diferentes (Maillefer-Dentsply[®], FKG[®] e Densell[®]), em dez instrumentos de cada marca. As limas foram acopladas a um dispositivo de ensaio de desgaste que realizava movimentos contínuos e lineares em placas sulcadas à base de resina fenólica. Estas placas foram pesadas em balança analítica antes e após a instrumentação. Foram também realizadas análises por microscopia óptica das limas endodônticas a fim de verificar o desgaste na superfície dos instrumentos a cerca de 15mm de sua ponta ativa, antes e depois da instrumentação. De posse dos resultados, realizaram a estatística descritiva e o teste *t Student* com relação à remoção do material e o teste de *Kolmogorov-Smirnov* para a avaliação do desgaste dos instrumentos (escores), que determinaram a avaliação estatística pelo teste ANOVA. Concluiu que os instrumentos apresentaram capacidades de cortes semelhantes sem diferenças estatísticas significativas e perderam a capacidade de corte em função do número de uso. Quanto ao desgaste dos instrumentos, verificou

que as lâminas de corte da marca Densell[®], deformaram-se menos quando comparados aos instrumentos da marca Dentsply[®] e FKG[®] com significado estatístico, porém, entre essas últimas, não ocorreu deformação.

Wei et al. (2007) verificaram o tipo de fratura dos instrumentos ProTaper[®] após o uso clínico e compararam o estereomicroscópio com um microscópio eletrônico de varredura para estabelecer o melhor método para estudo de falha do material. O total de 774 instrumentos ProTaper[®], que foram descartados por uma clínica universitária da China, foram submetidos ao exame estereomicroscópio com aumento 10X e 40X e, separados como falha de torção ou como falha de fadiga flexural, à presença ou ausência de deformação plástica perto da fratura. Foram selecionados cem instrumentos fraturados longitudinalmente com o estereomicroscópio que revelaram 88 fraturas de fadiga flexural e 12 instrumentos com falha torcional, pois apresentava deformidades plásticas do tipo distorcido, torção reversa. Ao microscópio eletrônico de varredura, 86 instrumentos apresentaram-se com fratura de fadiga flexural e dois apresentavam estrias de fadiga e abrasão circular, caracterizando uma fratura combinada, fadiga flexural e falha de torção. Dos 12 instrumentos, classificados anteriormente pelo estereomicroscópio com fratura de torção, quando analisados no microscópio eletrônico de varredura, três foram confirmados com fratura de torção, cinco reclassificados para fratura de fadiga flexural e quatro fraturas combinadas. Concluíram que a análise no microscópio eletrônico de varredura foi mais eficiente na análise longitudinal das fraturas dos instrumentos ProTaper[®].

Bonaccorso et al. (2008) avaliaram a capacidade de corte de quatro sistemas rotatórios de Ni-Ti com diferentes secções transversais, *design* e *taper*, quando usados em canais simulados em formato de “S”, tendo como substrato,

blocos de resina. Um total de quarenta canais simulados foram preparados até o diâmetro apical 40, sendo dez canais para cada um dos grupos (ProTaper[®], M-Two[®], Biorace[®] e S-Apex[®]). O azul de metileno foi usado para preencher os canais antes e após a instrumentação, e a análise do desgaste foi feita pela subtração da imagem pré-operatória da imagem pós-operatória que foram gravadas de maneira simples em estereomicroscópio. De acordo com os resultados o sistema ProTaper[®] removeu grande quantidade de material, especialmente no lado interno das curvaturas coronal e apical resultando na retificação do canal. Segundo os autores o estudo confirmou que instrumentos de Ni-Ti de Taper maior que 0,4 e calibre maior que 30 não devem ser usados para alargamento apical de canais em forma de “S”. Para o preparo de canais com curvatura complexa, principalmente durante o preparo apical, sistemas de instrumentos de Ni-Ti com menor Taper e mais flexíveis como S-Apex[®] devem ser usados.

Chianello et al. (2008) realizaram um estudo cuja proposta foi analisar a qualidade do acabamento superficial dos instrumentos rotatórios de níquel-titânio armazenados em suas respectivas caixas sem uso prévio. Foram selecionados sessenta instrumentos endodônticos nos tamanhos 20, 25 e 30mm tipo ProFile[®], ProTaper[®], RaCe[®], Hero[®], e K3 Endo[®]. Tais instrumentos foram microfotografados a 3mm a partir de sua ponta valendo-se de microscópio eletrônico de varredura com aumento de 190 vezes. A seguir as microfotografias foram avaliadas por três profissionais previamente orientados e calibrados. Estes receberam uma planilha contendo de um lado todos os instrumentos utilizados e do outro os critérios de avaliação os quais foram: borda, resíduo, ranhura, microcavidade, formato da ponta, posição da ponta, rebarba, e angulo de transição. Concluíram que todos os instrumentos das marcas comerciais apresentaram defeitos ou falhas de fabricação

sendo a presença de irregularidades as das bordas das limas de 50 a 100%. Com exceção das limas ProFile[®], 100% das marcas apresentaram resíduos em sua superfície. Somente as limas RaCe[®] não apresentaram ranhuras e microcavidade. As limas K3[®] Endo[®] apresentaram os melhores resultados na centralização das pontas. Com exceção das limas ProTaper[®], todas as marcas apresentaram 100% de pontas não cortantes. Todas as marcas apresentaram rebarbas em suas superfícies. As limas K3[®] Endo[®] e ProTaper[®] apresentaram porcentagens elevadas quando da observação da presença do ângulo de transição.

Elayoutia et al. (2008) compararam a qualidade do preparo de dois sistemas rotatórios e instrumentos manuais de Ni-Ti em canais ovais, avaliando o efeito nas dimensões dos canais preparados. Foram utilizadas noventa raízes com canais ovais. As raízes foram embutidas e seccionadas em dois pontos, no início e no final do terço médio; o diâmetro das raízes e dos canais foram fotografados e medidos. A seguir, as raízes foram randomicamente divididas em três grupos e preparadas sob condições clínicas simuladas com instrumentos MTWO[®], ProTaper[®] ou limas manuais de Ni-Ti. As fotografias pós-preparo foram tomadas e comparadas com as fotografias pré-preparo. Concluíram que nenhuma técnica de instrumentação foi capaz de preparar adequadamente o contorno oval das amostras. No entanto, os instrumentos rotatórios foram mais eficazes que os manuais, embora tenha ocorrido, em alguns casos, desgaste acentuado de algumas paredes dentinárias (zona crítica).

Mahran & AboEl-Fotouh (2008) realizaram um estudo com a finalidade de verificar o efeito da ação de três diferentes instrumentos nos terços cervicais de canais curvos. Para tanto, três grupos de raízes mesiais de primeiros molares inferiores, com curvatura de 30° a 40°, foram preparados com instrumentos

ProTaper Universal[®], Heroshaper[®] e brocas de Gate Glidden[®], com complementação de limas manuais Flex-R[®], respectivamente. Mediram, antes e após a instrumentação, a quantidade de dentina cervical e o volume de canal, com múltiplos cortes de tomografia computadorizada. A análise das imagens foi feita em um *software* específico. Os resultados indicaram que a ProTaper Universal[®] removeu significativamente menos dentina na parede distal das raízes (zona de perigo), quando comparada à Heroshape[®] e às brocas Gate Glidden[®]. O total de dentina removida durante o preparo do canal foi significativamente maior com o sistema ProTaper Universal[®].

Medeiros et al. (2008) compararam a capacidade de corte do instrumento Flexofile[®] em canais simulados por meio da diferença de seus pesos, antes e depois do preparo químico-cirúrgico do canal radicular, tendo como fonte de variação duas técnicas de preparo: técnica manual (G1), e outra automatizada, usando o sistema rotação alternada denominado Endo-Gripper[®] (G2). Foram utilizados vinte canais simulados confeccionados em blocos de resina fenólica (Baquelite[®]), os quais foram pesados antes e depois do preparo do canal radicular. Os autores verificaram que não ocorreu diferença estatisticamente significativa no que diz respeito à remoção do material quando utilizada a técnica de instrumentação utilizando a lima *Flexofile*[®]. Outro detalhe diz respeito aos instrumentos rotatórios de Ni-Ti, os quais apresentam comprimentos do corpo e lâmina ativa, convexidade e diâmetro, variáveis segundo a marca comercial.

Shen & Haapasalo (2008) realizaram estudo com a finalidade de verificar a capacidade de corte dos instrumentos rotatórios de Ni-Ti de tamanho 30 e Taper 0,6 das marcas comerciais: Profile[®], Flexmaster[®], k3[®], Hero Shaper[®], Liberator[®], e Alpha[®] na presença e na ausência de solução irrigadora. como substratos foram

utilizados placas de fêmur de osso bovino contendo cinco sulcos em cada placa com angulação de 15°. Os instrumentos foram utilizados em cinco sulcos, perfazendo um total de 1500 ciclos rotacionais na ausência e na presença de irrigação com hipoclorito de sódio com concentração de 5,25%. Os sulcos, das placas de osso bovino, foram analisados antes e após os ensaios de desgaste por meio de tomografia computadorizada a fim de determinar o volume de osso removido. A máxima eficiência de corte foi obtida com os instrumentos Flexmaster® e k3®, tanto para o experimento na presença como na ausência de solução irrigadora. Os autores concluíram que sob este modelo experimental a capacidade de corte dos instrumentos rotatórios de Ni-Ti analisados dependeram do *design* e das condições de corte.

Simon et al. (2008) desenvolveram um trabalho onde constataram que o *design* dos instrumentos ProTaper Universal® possibilita a ação de corte em apenas uma determinada área do canal, o que reduz, consideravelmente, o tratamento do instrumento nas paredes dentinárias. Assim sendo os instrumentos SX, S1 e S2 possuem indicação para modelarem o terço apical e médio e os instrumentos F1, F2, F3, F4, F5 são indicados para o preparo do terço apical dos canais radiculares. Os autores propuseram uma nova técnica de preparo endodôntico onde se trabalha no sentido coroa-ápice e utilizando-se instrumentos manuais associados aos instrumentos rotatórios ProTaper Universal®.

Tzanetakis et al. (2008) realizaram estudo retrospectivo com intuito de avaliar a incidência e o tratamento nos casos de fratura de instrumentos endodônticos na Clínica de Pós-Graduação de Endodontia da Escola Dental de Atenas. O estudo foi baseado na revisão dos prontuários dentários de 1.367 pacientes, nos quais os alunos de Pós-Graduação em Endodontia realizaram um

total de 2.180 tratamentos endodônticos entre outubro de 2001 e junho de 2006. A prevalência total de fraturas de instrumentos foi de 1,83% (quarenta casos de fraturas em 2.180 tratamentos endodônticos). Desses quarenta casos, 12 (0,55%) instrumentos fraturados eram instrumentos manuais de aço inox e 28 (1,33 %) de Ni-Ti, sendo dez limas do sistema Heros[®], nove limas do sistema ProFile[®], seis limas do sistema ProTaper[®], duas do sistema GT[®] e um instrumento lentulho. A remoção ou transpasse do fragmento fraturado foi realizado em 100% dos casos, quando a fratura ocorreu no terço coronário; 54% no terço médio e, em somente 37%, nos casos dos fragmentos estarem situados no terço apical. Concluíram que, baseados no estudo, não foi seguro determinar a frequência de fratura de instrumentos para um determinado sistema rotatório, porque muitos fatores estiveram implicados na taxa de fratura dos sistemas rotatórios, bem como o fato do número de fratura analisados ter sido muito baixo.

Yared (2008) descreveu uma nova técnica para o prepare endodôntico usando uma única lima rotatória do sistema ProTaper[®]. Para a realização da instrumentação de um molar seria utilizado apenas uma lima F2 acionada por motor elétrico (ATR Pistoia, Italy) de rotação alternada com um quarto de volta no sentido horário e meia volta no sentido anti-horário. Segundo o autor, inicialmente os canais atrésicos e curvos devem ser pré-instrumentados manualmente até a lima 10 ou 15 até o comprimento de trabalho. Os canais mais amplos podem ser negociados somente com a lima 8. A seguir inicia a penetração da lima F2 a quatrocentas rotações alternadas no sentido coroa-ápice com o mínimo de pressão apical com o canal fortemente irrigado com lubrificante e hipoclorito de sódio a 2,5%. A lima deve ser removida sempre que se perceber que a mesma começa a travar nas paredes dentárias para se remover os debris de dentina. Quando a lima F2 atingir o

comprimento de trabalho, o canal estará totalmente instrumentado. Para canais amplos deveriam ser usadas limas manuais de maior calibre para finalizar o preparo apical. O autor concluiu que a técnica, por utilizar apenas um instrumento para o preparo de um molar, possibilita um excelente custo-benefício, bem como, o descarte do instrumento após o preparo de um único dente favorece a biossegurança e evita a fadiga do instrumento.

Bier et al. (2009) compararam a incidência de defeitos dentinários após o preparo radicular com diferentes sistemas rotatórios de Ni-Ti. Para tanto, selecionaram 260 pré-molares inferiores extraídos, sendo que, quarenta elementos foram separados como grupo controle, quarenta foram preparados manualmente usando força balanceada no sentido coroa-ápice até o instrumento final nº 40. O restante dos elementos dentários foi dividido em quatro grupos (n = 50), instrumentados de acordo com as instruções dos respectivos fabricantes dos seguintes sistemas: ProTaper Universal[®], GT[®], ProFile[®] e S-Apex[®]. Todos os canais foram cortados horizontalmente a 3, 6 e 9mm do ápice, sendo os cortes, visualizados em estereomicroscópio. Os autores concluíram que o uso de sistemas rotatórios Ni-Ti pode resultar em aumento de chance de formação de defeitos dentinários.

Segundo Boessler et al. (2009), o eletropolimento na superfície de Ni-Ti pode reduzir a incidência de fraturas, porém pode potencialmente alterar as propriedades mecânicas dos mesmos. Nesse sentido, estudaram o efeito de dois diferentes tipos de superfície (não-eletropolidos e eletropolidos) de instrumentos ProTaper[®] de escultura com relação ao torque e a força de penetração apical durante o preparo de canais simulados. Os ensaios foram realizados com limas SX, S1 e S2 com os quais foram preparados canais dentinários simulados, obtidos a

partir de trinta molares humanos de onde foram removidos discos de dentina com 3mm de espessura e confeccionados canais de 0,5mm de diâmetro. Os dados de torque e força apical durante os preparos foram adquiridos a partir de sensores de três canais analógicos, a uma taxa de 100Hz ou interferência de 12 *bit* (Pci-Mio-16 Ce; National Instruments, Austin, Tx). Os autores observaram mudança nos parâmetros de corte durante o preparo de até cinco canais radiculares simulados, não havendo alteração na longevidade dos instrumentos eletropolidos. Concluíram que o eletropolimento dos instrumentos de escultura ProTaper[®] contribuiu para necessidade do aumento do torque durante o preparo dos canais radiculares simulados.

Câmara et al. (2009) verificaram as diferenças geométricas, a flexibilidade e resistência torcional dos instrumentos rotatórios ProTaper[®] e ProTaper Universal[®] avaliados por testes mecânicos. Os autores verificaram que o instrumento F2 ProTaper Universal[®] possui maior diâmetro que o instrumento ProTaper[®], começando a ter significância estatística de D4 a D7 e, a partir daí, passa a ter diâmetro progressivamente menor, com significância estatística a partir de D10. Houve diminuição estatisticamente significativa de flexibilidade para o instrumento F2 ProTaper Universal[®], quando comparado com seu similar ProTaper[®]. Houve também um acréscimo significativo da resistência à torção para esse mesmo instrumento. Com base nos resultados obtidos, os autores concluíram que as mudanças sofridas pelos instrumentos ProTaper Universal[®] incrementaram a flexibilidade dos instrumentos S1 e F1, havendo decréscimos desta propriedade para os instrumentos F2 e F3. Além disso, houve aumento de resistência à torção para os instrumentos S2, F2 e F3, sendo que, as mudanças realizadas nos instrumentos ProTaper Universal[®] podem dar origem a um comportamento clínico favorável.

Segundo Larsen et al. (2009), uma nova geração de instrumentos rotatórios de Ni-Ti, incluindo Twisted File[®] (TF) e ProFile GT Serie X[®] (GTX), foi introduzida no mercado. Sendo assim, os autores realizaram um estudo cujo objetivo foi determinar se os novos instrumentos de Ni-Ti são resistentes a fadiga cíclica quando comparados com os tradicionais EndoSequence[®] (ES) e ProFile[®] (PF). Testaram instrumentos de tamanho 25 TF, ES e PF e tamanho 20 GTX com Taper 0,4 e 0,6 em canais simulados com curvatura de 60° e 3mm de raio. O número de rotações até a fratura foi anotado para cada instrumento. Os instrumentos GTX *taper* 0,4 e 0,6 tamanho 20 tiveram desempenho significativamente melhor quando comparada com instrumentos tamanho 25; talvez isso possa ser explicado pelo incremento da flexibilidade do instrumento tamanho 20 quando comparado com o instrumento 25. Os instrumentos TF foram significativamente melhor quanto à resistência a fadiga cíclica que o instrumento ES, mas não houve diferença quando comparados com PF de mesmo tamanho e taper. Os autores concluíram que o novo processo de fabricação parece oferecer uma grande resistência à fadiga cíclica em canais simulados.

Unal et al. (2009) verificaram se as mudanças de *design* dos instrumentos ProTaper Universal[®] contribuíram para a melhoria da habilidade de corte dos instrumentos em termos morfológicos das curvaturas dos canais medidos por cortes horizontais usando o método de Bramante. Foram utilizados dez molares inferiores humanos extraídos com curvatura entre 25 e 41, sendo que dez canais méso-vestibulares foram instrumentados com ProTaper[®] e dez canais méso-linguais foram instrumentados com ProTaper Universal[®]. Cada instrumento foi utilizado cinco vezes em cinco canais e, a seguir, substituído. Cortes pré e pós-instrumentação foram obtidos dos terços coronários, médio e apical. Os cortes foram analisados com base

nos seguintes parâmetros: quantidade de dentina removida, variação da conformação do canal, incidência e produção de erros, tais como fratura de limas. Os autores concluíram que as modificações sofridas no instrumento ProTaper Universal[®] não criaram nenhuma discrepância em relação à habilidade de preparo dos instrumentos, ao tempo de trabalho, à instrumentos fraturados e deformados e manutenção do comprimento de trabalho. Em adição a estes parâmetros, ambos os sistemas prepararam adequadamente os canais radiculares com mínimo transporte apical.

Willianson et al. (2009) compararam a eficiência de limpeza dos canais radiculares, por meio da utilização do MEV, após o emprego de três diferentes sistemas instrumentação: o ProTaper Universal[®] com Taper variável, o ProFile GT[®] com Taper 0.4 e o EndoSequence[®] com Taper 0.4. Cada um dos três grupos continha 12 canais méso-vestibulares de molares inferiores com curvatura entre 0 e 45°. Dois canais de cada grupo não foram preparados para que pudessem servir de controle. Os canais foram preparados até o diâmetro final n° 40, trabalhados no sentido coroa-ápice, seguindo as orientações dos respectivos fabricantes. Ao final do preparo usaram EDTA 17% por um minuto, seguido de irrigação final com o hipoclorito de sódio a 3% e secagem com cone de papel. Todas as amostras foram seccionadas somente no sentido vestíbulo-lingual e analisadas para a verificação da presença de raspas de dentina, restos pulpares e partículas frouxamente aderidas nas paredes. Cinco examinadores atribuíram escores de 1 a 5 para as imagens obtidas com aumento de 500X do terço apical dos canais. Todas as amostras apresentaram áreas do canal que não sofreram ação dos instrumentos, independente do sistema utilizado. Concluíram que após o preparo dos canais radiculares com três diferentes tipos de instrumentos rotatórios de Ni-Ti não houve

significância estatística para a capacidade de limpeza do terço médio dos canais e que todas as amostras demonstraram comparáveis níveis de limpeza e ausência de *smear layer* com alguns debris dentinários espalhados. Além disso, concluíram ainda, que os sistemas EndoSequence[®], ProFile[®] e ProTaper[®] foram igualmente eficientes para o debridamento dos canais.

Tendo como base a literatura e tendo em vista a importância de conhecer melhor novos instrumentos é que justificam-se estudos com os sistemas rotatórios recentemente lançados no mercado.

3 PROPOSIÇÃO

O propósito da presente investigação foi avaliar, in vitro, a capacidade de corte e deformação da lima rotatória F2 do sistema ProTaper Universal[®] e da lima 25/06 do sistema EndoSequence[®], em função do número de uso.

4 MÉTODO

Para realização deste estudo in vitro foi utilizada uma amostra não aleatória por conveniência de dez limas rotatórias F2 do Sistema ProTaper Universal (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suíça) e dez limas rotatórias nº 25/06 do Sistema EndoSequence (Brasseler, Savannah, GA, EUA), ambas de 25mm (Figura 1).



Figuras 1 – Limas ProTaper Universal[®] (dourada) e EndoSequence[®] (prateada)

4.1 CONFECÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA

Para a construção dos modelos que foram utilizados nos ensaios com as referidas limas foram fabricadas vinte placas sulcadas de baquelite cuja construção foi executada no Laboratório de Materiais, Tratamentos de Superfície e

Nanotecnologia do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté valendo-se de material a base de resina fenólica de cor vermelha.

A resina foi acondicionada em uma unidade de embutimento de um aparelho TempoPress 2 (Struers, Panambra Industrial e Técnica SA/SP).

Nesta unidade foi realizado o procedimento que incluiu a compactação de uma parte do pó da resina, que foi depositada no fundo da matriz do aparelho termoplastificador, cujas etapas da construção e preparo dos modelos foram assim sintetizados: pesou-se a resina granulada e, a seguir, uma carga de 20-25kN em um tempo de dez a 12 minutos e temperatura situada entre 19° a 210°C a qual foram produzidas cilindros de 8mm de altura e 30mm de diâmetro. Uma vez obtidas as placas, as mesmas passaram por acabamento em esmeril a fim de promover o desgaste de uma das partes, propiciando a formação do ângulo de 30° em corpos-de-provas com 3cm de comprimento e 2cm de largura (Figura 2). A seguir, com a utilização de um disco de carborundum de 0,5mm de espessura, montado em peça reta, foram realizados cinco sulcos de 1mm de profundidades nas placas (Figura 3).

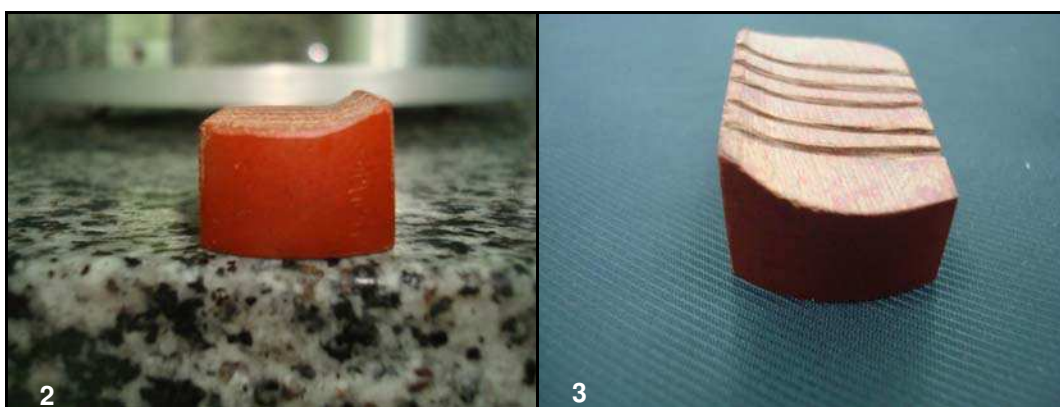


Figura 2 – Placas com angulação de 30°

Figura 3 – Placas contendo cinco sulcos

Em seguida, foi feita a identificação aleatória das placas numerando-as de um a vinte valendo-se da ponta de um compasso.

Em continuidade, as placas passaram pelo processo de secagem em estufa modelo 515 B (Fanem/Guarulhos-SP-Brasil), por um período de duas horas a uma temperatura de 100°C, de acordo com o tempo operatório realizado por Sakane (2007); sendo, a seguir, pesadas em balança analítica digital modelo SA-210 (Quimes Aparelhos Científicos Ltda., Diadema, SP), constituindo o peso inicial (P0) antes da instrumentação.

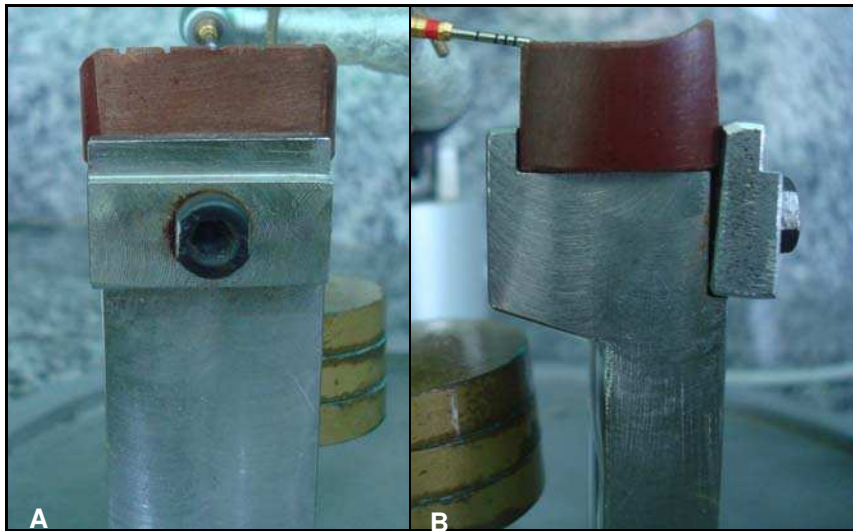
4.2 MONTAGEM DO DISPOSITIVO DE ENSAIO DE DESGASTE

Para que não houvesse interferência do operador na realização do ensaio de desgaste foi idealizado um aparato que permitiu a padronização do desgaste do corpo-de-prova com a repetição dos movimentos de instrumentação.

O aparato foi construído sobre uma base circular, em alumínio, com três pés de apoio e com um rebaixo de 3mm, o que permitiu a contenção do líquido utilizado na irrigação dos corpos-de-prova durante o ensaio.

Para a fixação do corpo-de-prova foi torneado, também em alumínio, uma coluna que apicalmente foi fixada na base circular e, na parte superior da coluna, foi confeccionada uma plataforma com uma parede lateral fixa e outra parede móvel presa por um parafuso sextavado. Esta parede móvel teve a finalidade de fixar o corpo-de-prova (Figuras 4A e 4B). Para suportar a peça reta e o contra-ângulo redutor foi confeccionado um cilindro que apicalmente foi fixado na base circular, e

na parte superior foi fixado um tubo plástico com diâmetro interno compatível com o diâmetro da peça reta e do contra-ângulo. O dispositivo que une o tubo ao cilindro permitiu que a peça reta e o contra-ângulo que se acomodam no seu interior realizassem movimentos verticais, possibilitando a troca das limas e dos corpos-de-prova (Figura 5).

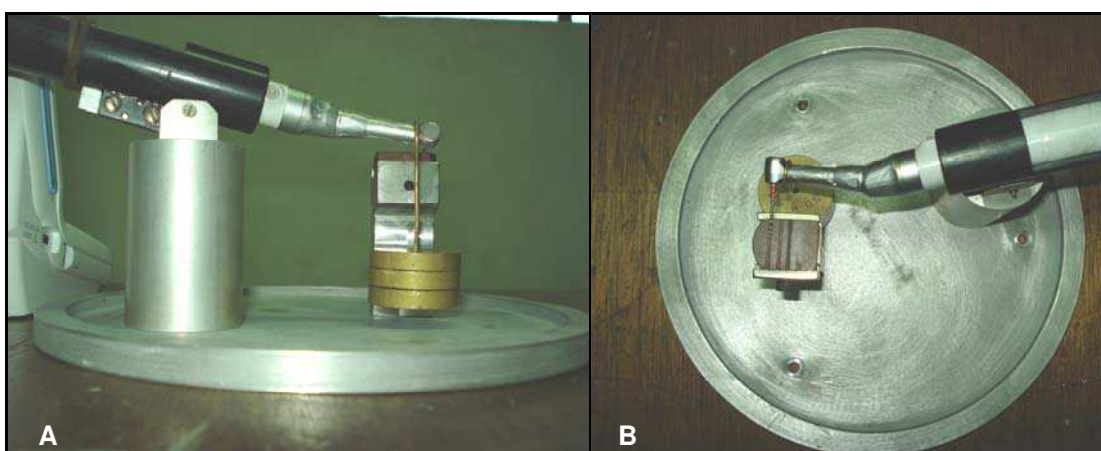


Figuras 4A e 4B – Coluna instalada em base circular para fixação dos corpos-de-prova



Figura 5 – Cilindro confeccionado para suportar a peça reta e o contra-ângulo redutor

Para que a lima entrasse em íntimo contato com o corpo-de-prova foi necessária a confecção de um dispositivo que permitiu a aplicação de força vertical nas proximidades da cabeça do contra-ângulo. Além disso, o dispositivo permitiu a colocação de anilhas de 50g e, seguindo a orientação de Alves-Claro, foram utilizadas três anilhas perfazendo um total de 150g (Sakane, 2007; Alves-Claro, 2008) (Figuras 6A e 6B).



Figuras 6A e 6B – Aparato completo, apresentando a colocação de três anilhas de 50g cada

Para eliminar a interferência do operador foi utilizado o sistema rotatório contínuo que incluiu motor elétrico X-SMART (Dentsply, Maillefer), com torque de 2 N, regulado segundo orientação dos fabricantes em 250rpm para lima ProTaper Universal[®] e 500rpm para as limas EndoSequence[®] (Figuras 7A e 7B), respectivamente. O instrumento de Ni-Ti foi acoplado no contra-ângulo para produzir o corte das placas e, conseqüente, deformação das lâminas.

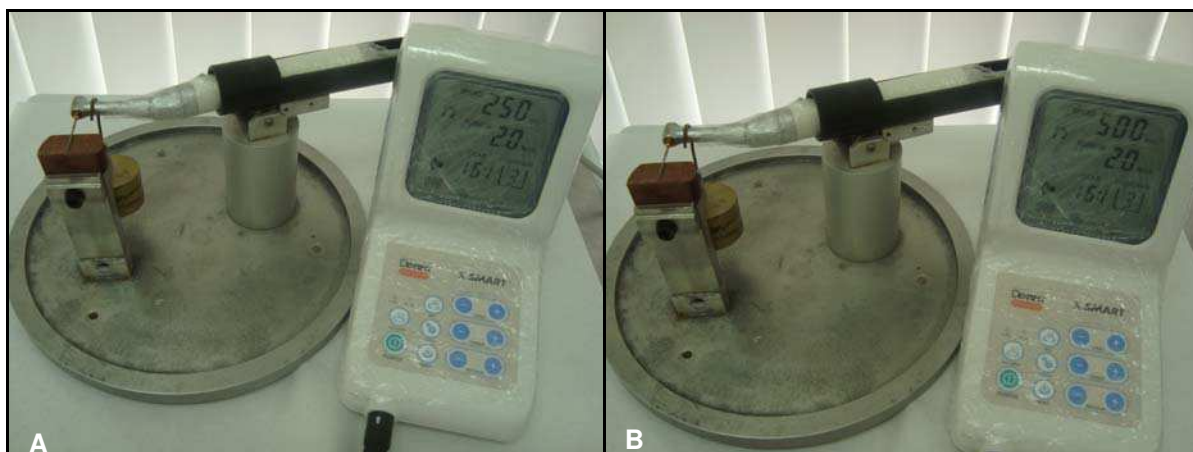


Figura 7 – Sistema rotatório contínuo elétrico X-SMART[®]. A) 250rpm para lima ProTaper Universal[®]; B) 500rpm para as limas EndoSequence[®]

4.3 LIMPEZA DAS LIMAS EM CUBA ULTRASSÔNICA

Todos os instrumentos foram inseridos em cuba ultrassônica (Maxclean 700[®]) com água destilada antes da leitura em microscópio para os procedimentos de limpeza e remoção de impurezas, durante cinco minutos, seguindo orientação de Aasim et al. (2006).

A seguir, as limas foram escovadas e lavadas em água corrente.

Em seguida, todos os instrumentos foram esterilizados em estufa a 170°C durante noventa minutos.

Todas estas manobras foram repetidas todas as vezes que em que os instrumentos foram empregados no ensaio de desgaste, sendo no segundo, terceiro, quarto e quinto usos.

Após estes procedimentos as limas foram montadas para análise microscópica.

4.4 MONTAGEM PARA LEITURA NO MICROSCÓPIO

Para análise da leitura da superfície da lâmina de corte de cada instrumento, antes de sua utilização, foi escolhido como referência, o cabo do instrumento e, neste sítio, a chanfradura foi o aludido referencial para a visualização de sua parte ativa. Foi sugerida como área padrão, na leitura da lâmina de corte, três pontos: sendo 1 a 3mm da ponta do instrumento, outro a 9mm e o último situado a 15mm da ponta, a fim de representar o terço apical, o terço médio e o terço coronário das limas.

Tal leitura foi realizada com aumento de 190X (Chianello et al., 2008) e 1000X (Herold et al., 2007) em Microscópio Eletrônico de Varredura (JEOL JSM 5800 LV[®]), no IME/RJ, nos pontos da parte ativa das superfícies das limas, sendo estas imagens identificadas e registradas digitalmente.

4.5 ENSAIO DE DESGASTE

Para a execução dos movimentos rotacionais e, subsequente corte das placas e deformação das superfícies de corte das limas foi utilizado o dispositivo que fixou o contra-ângulo do motor elétrico X-SMART[®].

Para tanto, as placas foram randomicamente divididas em dois grupos, sendo o grupo A, placas de 1 a 10 onde sofreram ação das limas ProTaper Universal[®] e o grupo B, placas de 11 a 20, cuja ação foi das limas EndoSequence[®].

Para realização destes procedimentos foram simulados cinco ciclos de movimentos rotacionais que foram ajustados de acordo com as instruções dos respectivos fabricantes. Assim, para o Sistema ProTaper Universal[®], foram efetuados 750 movimentos rotacionais em três minutos, e para o Sistema EndoSequence[®], 1500 movimentos rotacionais também em três minutos (Kurtzman, 2006; Koch & Brave, 2005).

Para marcação do tempo gasto foi utilizado um cronômetro analógico (Swatch, Swiss), o qual foi acionado no momento em que se deu início o ensaio de desgaste, sendo interrompido quando atingidos três minutos.

Concomitantemente, as placas foram irrigadas manualmente com seringa plástica BD (BD – Brasil – Becton, Dickinson and Company, Rio de Janeiro – RJ) de 20mL de hipoclorito de sódio a 1% durante três minutos de ação do instrumento sobre a superfície da placa, tanto para auxiliar a ação quanto à eliminação do material cortado pelo instrumento (Figura 8).

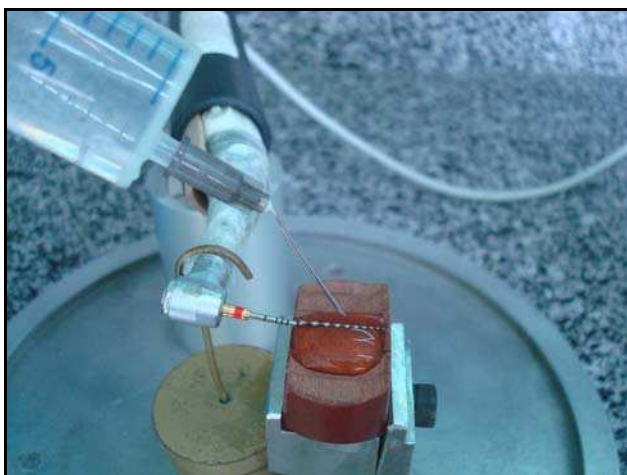


Figura 8 – Irrigação das placas durante o ensaio

Decorrido este tempo operatório, a placa foi removida do suporte, sendo o sulco e toda placa lavado e escovado com água corrente durante trinta segundos com vistas a eliminar restos de detritos; sendo, após isso, exposta à temperatura ambiente durante trinta minutos para secagem da peça quando, então, foram levadas novamente para a estufa, onde permaneceram por duas horas à temperatura de 100°C para desidratação e secagem.

Na sequência, esta placa foi novamente pesada e o valor obtido anotado em uma tabela (Apêndice A), considerando este valor para o grupo A (limas F2 ProTaper Universal®) e B (limas 25/06 EndoSequence®) como peso da placa após primeiro uso (P1). Tal procedimento se repetiu para o peso da placa de segundo uso (P2), terceiro uso (P3), quarto uso (P4) e quinto uso (P5). O mesmo procedimento foi utilizado para todas as limas conforme fluxograma (Figura 9).

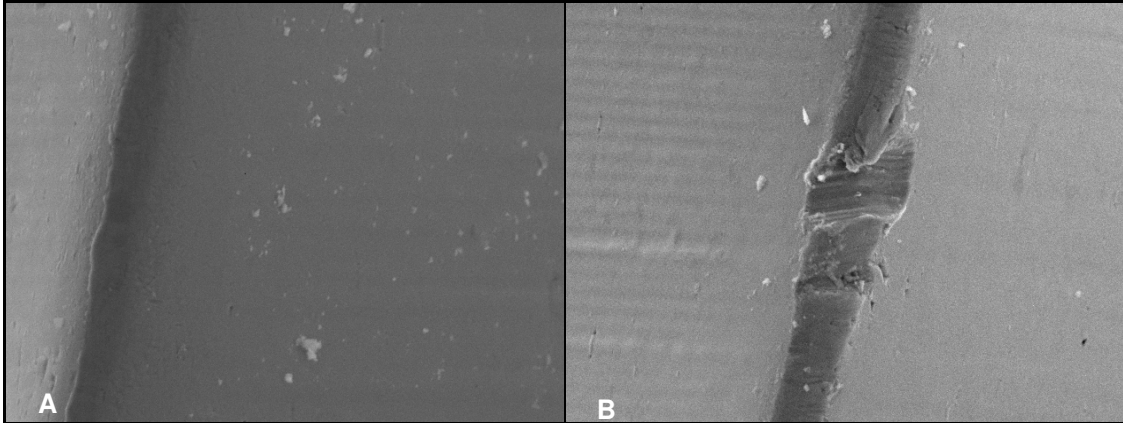


Figura 9 – Fluxograma do ensaio de desgaste

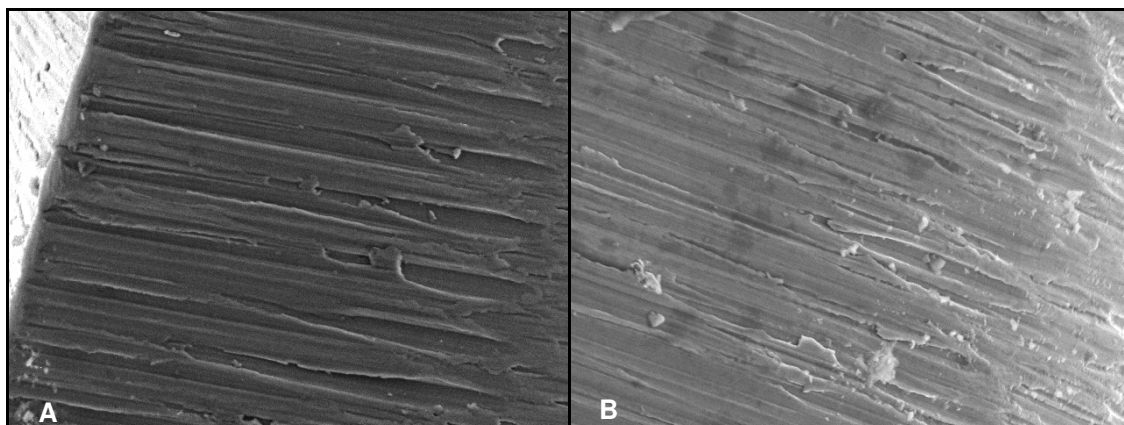
4.6 ANÁLISE DE DEFORMAÇÃO

A avaliação da deformação foi realizada por três cirurgiões-dentistas, clínicos gerais, para que não houvesse influência da marca comercial ou conhecimento prévio sobre as formas das limas. Os avaliadores analisaram quatro limas, sendo duas de cada grupo escolhidas aleatoriamente, antes e após cinco utilizações.

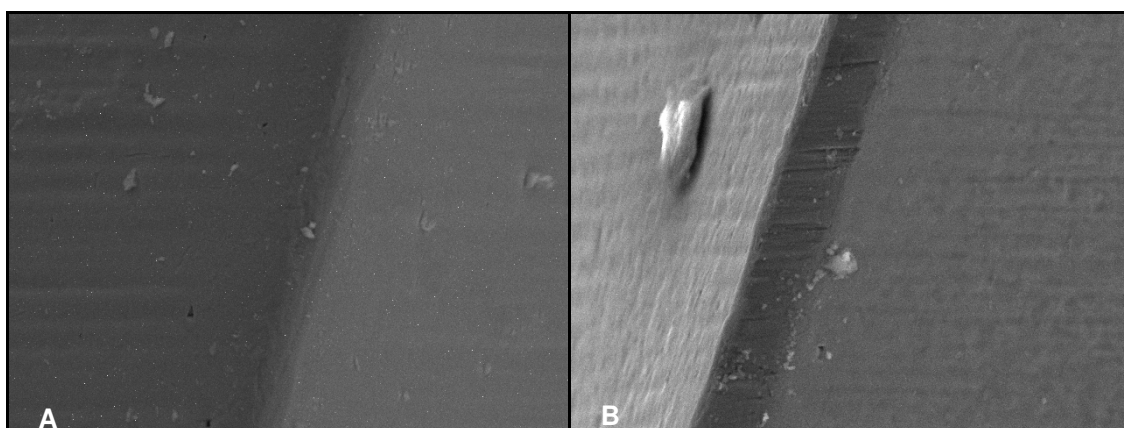
As fotomicrografias foram montadas em *PowerPoint (Office 2007[®])* onde cada “slide” compôs-se da foto do instrumento sem uso e uma segunda foto com o instrumento após cinco utilizações com o mesmo aumento (Figuras 10 a 16).



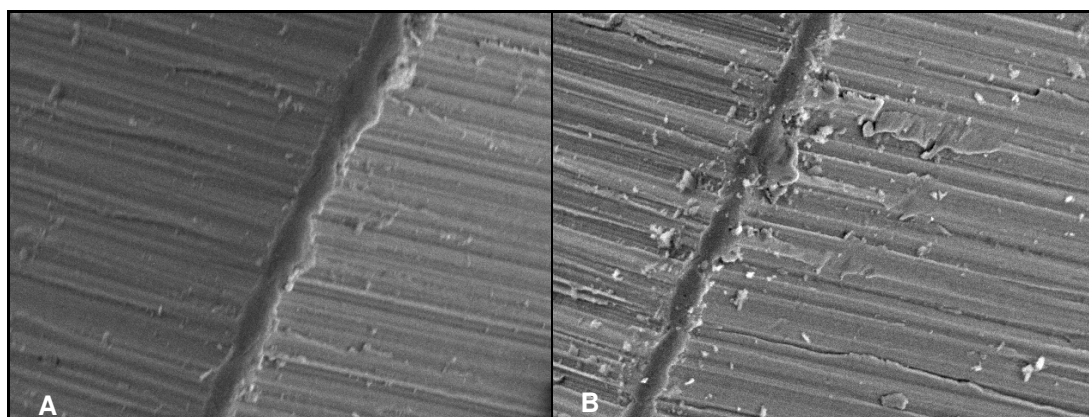
Figuras 10A e 10B – Fotomicrografia da região a 3mm da ponta de uma lima EndoSequence[®] com aumento de 1000X. (A) antes do uso; (B) após instrumentação



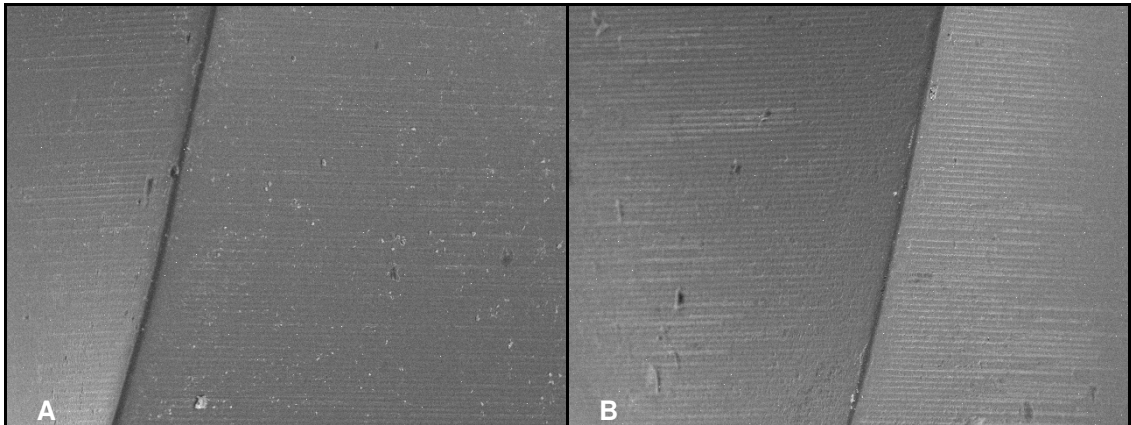
Figuras 11A e 11B – Fotomicrografia da região a 3mm da ponta de uma lima ProTaper Universal® com aumento de 1000X. (A) antes do uso; (B) após instrumentação



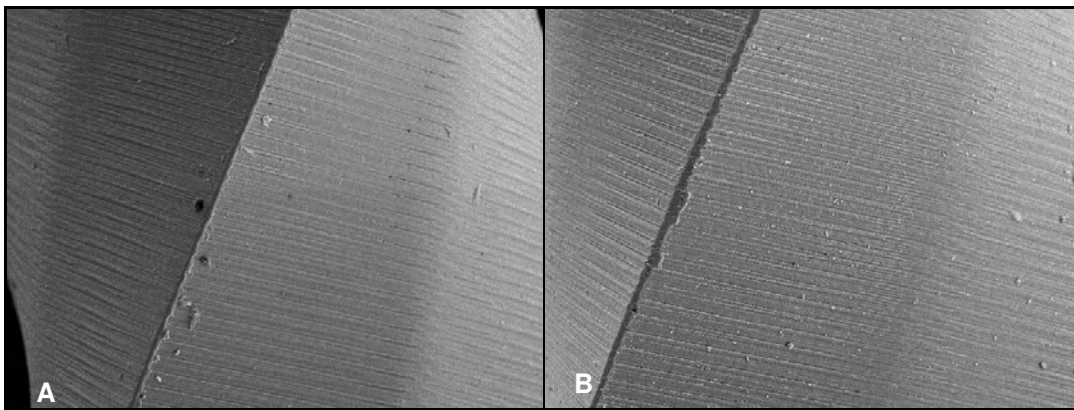
Figuras 12A e 12B – Fotomicrografia da região a 9mm da ponta de uma lima EndoSequence® com aumento de 1000X. (A) antes do uso; (B) após instrumentação



Figuras 13A e 13B – Fotomicrografia da região a 9mm da ponta de uma lima ProTaper® com aumento de 1000X. (A) antes do uso; (B) após instrumentação



Figuras 14A e 14B – Fotomicrografia da região a 15mm da ponta de uma EndoSequence[®] com aumento de 190X. A) antes do uso; (B) após instrumentação



Figuras 15A e 15B – Fotomicrografia da região a 15mm da ponta de uma lima ProTaper[®] com aumento de 190X. A) antes do uso; (B) após instrumentação

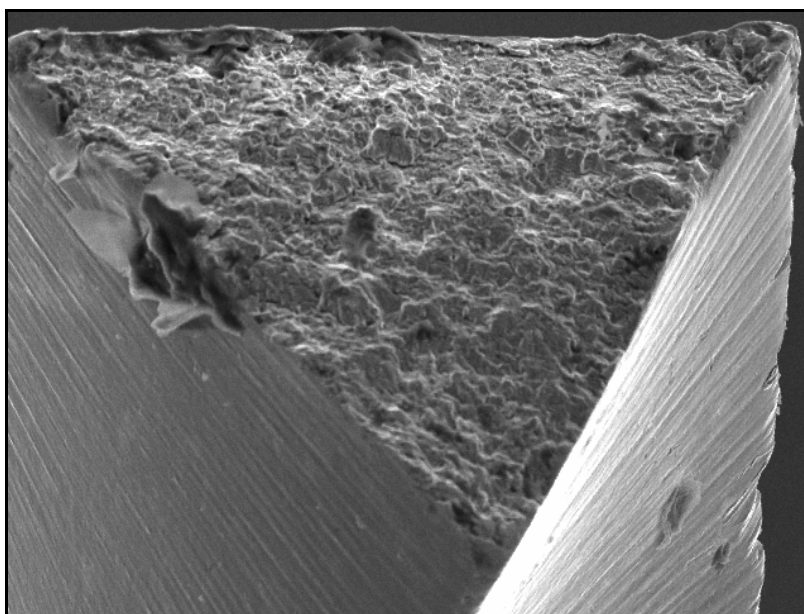


Figura 16 – Fotomicrografia da fratura de uma lima EndoSequence[®] com aumento de 1000X, durante a quinta instrumentação

Para determinação do escore de cada imagem, foi escolhido o método adaptado de Sakane (2007), onde os escores variaram de 0 a 4 em números absolutos, utilizando os seguintes critérios: 0 – ausência total de deformação; 1 – presença mínima de deformação; 2 – presença média de deformação; 3 – presença de deformação; 4 – extremamente deformada.

4.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

A análise estatística foi realizada quando da comprovação dos dados obtidos, valendo-se do programa *BioEstat* versão 3.0 (Programa do Professor Manuel Ayres, Universidade Federal do Pará, Belém-Pa), no qual foram analisados de forma descritiva por meio de tabelas, mostrando os valores mínimos e máximos dos dados, média aritmética, desvio padrão e coeficiente de variação. Foi feita uma inferência estatística utilizando-se um nível de significância de 5% nos seguintes testes: Lilliefors (*Kolmogorov-Smirnov*) para verificar a normalidade do comportamento dos dados.

Para detectar as diferenças entre os dois grupos com relação à perda de corte (análise intergrupos) foi aplicado o teste paramétrico “*t*” de *Student* para duas amostras independentes e normais.

Para verificar a diferença entre a capacidade de corte de cada tipo de instrumento quanto ao número de usos, foi realizada uma análise sequencial intra-grupo, sendo que, para o grupo A foi utilizado o teste Wilcoxon quando a distribuição foi não-normal (primeiro e segundo usos) e o teste “*t*” de *Student* quando a

distribuição foi normal (terceiro, quarto e quinto usos); enquanto que, para o grupo B foi utilizado apenas o teste “*t*” de *Student*, uma vez que, a distribuição de todos os dados foi normal.

Para detectar a diferença dos dois tipos de instrumentos com relação à deformação, pelo fato de ser uma variável não-quantitativa, foi utilizado o teste não-paramétrico para amostras normais independentes, teste de *Mann-Whitney*.

5 RESULTADOS

A Tabela 1 representa a quantidade de resina fenólica desgastada pelas limas ProTaper Universal[®] em cada uso e o somatório de todos os desgastes realizados por cada lima após a quinta utilização. A análise descritiva correspondente encontra-se na Tabela 2.

Tabela 1 – Quantidade (g) de resina fenólica desgastada por cada lima ProTaper Universal[®] e o somatório de todos os desgastes

ProTaper Universal [®]						
Limas	1º uso	2º uso	3º uso	4º uso	5º uso	Somatório
	P0 - P1	P1 - P2	P2 - P3	P3 - P4	P4 - P5	P0 - P5
1	0.041	0.015	0.018	0.012	0.009	0.095
2	0.037	0.025	0.018	0.010	0.008	0.098
3	0.035	0.018	0.016	0.009	0.007	0.080
4	0.050	0.020	0.015	0.009	0.008	0.102
5	0.038	0.018	0.015	0.012	0.008	0.091
6	0.046	0.026	0.017	0.012	0.008	0.109
7	0.039	0.026	0.016	0.011	0.006	0.098
8	0.043	0.019	0.017	0.014	0.008	0.101
9	0.042	0.025	0.016	0.013	0.008	0.104
10	0.037	0.020	0.016	0.010	0.012	0.095

Tabela 2 – Estatística descritiva do somatório dos desgastes das limas ProTaper Universal[®]

n	Média	Desvio-padrão	Mínimo-Máximo	Coefficiente de variação (%)
10	0.0973	0.0079	0.0800-0.1090	8,17

Na Tabela 3 observa-se a quantidade de resina fenólica desgastada pelas limas EndoSequence[®] em cada uso e o somatório de todos os desgastes realizados por cada lima após os cinco usos. A estatística descritiva correspondente encontra-se na Tabela 4.

Tabela 3 – Quantidade (g) de resina fenólica desgastada por cada lima EndoSequence® e o somatório de todos os desgastes

EndoSequence®						
Limas	1º uso	2º uso	3º uso	4º uso	5º uso	Somatório
	P0 - P1	P1 - P2	P2 - P3	P3 - P4	P4 - P5	P0 - P5
1	0.037	0.018	0.016	0.015	0.006	0.092
2	0.040	0.026	0.020	0.016	0.009	0.111
3	0.030	0.017	0.017	0.015	0.006	0.085
4*	-	-	-	-	-	-
5	0.044	0.024	0.016	0.016	0.008	0.108
6	0.044	0.022	0.017	0.018	0.007	0.106
7	0.043	0.019	0.016	0.018	0.005	0.101
8	0.036	0.020	0.014	0.015	0.003	0.088
9	0.040	0.022	0.017	0.016	0.007	0.102
10	0.038	0.038	0.015	0.013	0.008	0.096

*Fraturou durante a quinta utilização, sendo, portanto, descartada do estudo

Tabela 4 – Estatística descritiva do somatório de resina fenólica desgastada das limas EndoSequence®

n	Média	Desvio-padrão	Mínimo-Máximo	Coeficiente de variação (%)
9	0.0988	0.0091	0.0850-0.1110	9.121

A Tabela 5 demonstra o somatório dos desgastes das placas de resina fenólica. Os dados da lima 4 da marca EndoSequence® foram eliminados devido à fratura da mesma durante o experimento, no quinto uso.

Tabela 5 – Desgastes das placas de resina fenólica

Desgastes		
Limas	ProTaper Universal®	EndoSequence®
1	0.095	0.092
2	0.098	0.111
3	0.080	0.085
4*	0.102	-
5	0.091	0.108
6	0.109	0.106
7	0.098	0.101
8	0.101	0.088
9	0.104	0.102
10	0.095	0.096

*Fraturou durante a quinta utilização

Os resultados da Tabela 4 foram analisados pelo teste *Lilliefors* para K amostras e coluna a coluna pelo teste de *Kolmogorov-Smirnov*, conseguindo-se todos os valores $> 0,05$, o que representa valores paramétricos dentro de uma normalidade que determina a avaliação estatística pelo teste t *Student*.

Como se pode observar, o teste de duas amostras independentes e teste t *Student* entre o somatório dos desgastes das limas nos blocos de resina fenólica ($p > 0,05$).

$$\text{ProTaper Universal}^{\text{®}} \text{ X EndoSequence}^{\text{®}} = p > 0,05$$

A Tabela 6 demonstra a comparação entre os usos das marcas ProTaper Universal[®] e EndoSequence[®] no teste t *Student* ($p > 0,05$).

Tabela 6 – Comparação entre os usos das limas ProTaper Universal[®] e EndoSequence[®]

Comparação entre os usos	
Limas	ProTaper Universal [®] X EndoSequence [®]
1 ^º uso	$> 0,05$
2 ^º uso	$> 0,05$
3 ^º uso	$> 0,05$
4 ^º uso	$< 0,05$
5 ^º uso	$> 0,05$

As Tabelas 7 e 8 demonstram os escores atribuídos pelos diferentes examinadores às fotomicrografias das limas ProTaper Universal[®] e EndoSequence[®], respectivamente.

Tabela 7 – Escores atribuídos pelos diferentes examinadores das limas ProTaper Universal®

Limas	Dentistas		
	1	2	3
ProTaper Universal®	0	0	2
	3	0	2
	1	0	1
	3	1	2
	1	0	1
	2	1	2
	2	1	2
	4	1	2
	3	1	2
	3	1	2
	2	0	2
	1	1	2

Tabela 8 – Escores atribuídos pelos diferentes examinadores das limas EndoSequence®

Limas	Dentistas		
	1	2	3
EndoSequence®	1	2	3
	1	2	4
	3	0	2
	2	0	2
	1	0	1
	1	1	1
	1	1	3
	1	1	3
	3	1	3
	4	1	3
	1	1	1
	2	2	2

Os escores foram submetidos a teste não paramétrico de *Mann-Whitney* para duas amostras independentes onde foi encontrado $p > 0.05$ assim sendo, não houve diferença estatisticamente significativa entre as limas com relação à deformação.

A Tabela 9 representa a perda da capacidade de corte entre os diferentes uso das limas ProTaper Universal[®] analisados pelo teste de *Wilcoxon* para os primeiro e segundo usos (amostras não normais) e teste t *Student* para os terceiro, quarto e quinto usos (amostras normais).

Tabela 9 – Comparação entre os usos das limas ProTaper Universal[®]

Comparação entre os usos das limas ProTaper Universal[®]		
Comparações	Teste de <i>Wilcoxon</i>	Teste t <i>Student</i>
1º e 2º uso	0,0051	
2º e 3º uso	0,0144	
3º e 4º uso		0
4º e 5º uso		0,0144

A Tabela 10 representa a perda da capacidade de corte entre os diferentes uso das limas EndoSequence[®] analisados pelo teste t *Student* para os primeiro, segundo, terceiro, quarto e quinto usos (amostras normais).

Tabela 10 – Comparação entre os usos das limas EndoSequence[®]

Comparação entre os usos das limas EndoSequence[®]	
Comparações	Teste t <i>Student</i>
1º e 2º uso	0
2º e 3º uso	0,0197
3º e 4º uso	0,3162
4º e 5º uso	0

6 DISCUSSÃO

Com base na mudança de fase austenítica e martensítica, o Ni-Ti pode ser usado na confecção das limas endodônticas conferindo a mesma propriedade de superelasticidade (Civjan et al., 1975). Segundo Lopes & Siqueira Júnior (2004), não existem normas de padronização para os instrumentos rotatórios de Ni-Ti, os quais apresentam comprimentos do corpo e lâmina ativa, convexidade e diâmetro variáveis segundo a marca comercial.

Anderson et al. (2007) concluíram que o acabamento superficial das limas rotatórias de Ni-Ti é determinante para a resistência dos instrumentos. No entanto, apesar do eletropolimento, podem ser considerados, na hora da escolha do sistema de instrumentação, outros fatores, tais como *design* do instrumento, qualidade final do canal preparado, eficiência e segurança.

O eletropolimento na superfície de Ni-Ti pode reduzir a incidência de fraturas, porém pode potencialmente alterar as propriedades mecânicas dos mesmos (Boessler et al., 2009), o que pôde ser observado nesta pesquisa. Walia et al. (1988) concluíram que as limas de Ni-Ti apresentaram flexibilidade de duas a três vezes maior, bem como possuíam maiores valores na resistência à fratura, tanto no sentido horário quanto anti-horário, quando comparadas com limas de aço inox.

O sistema ProTaper[®] é de conicidade variável, o que lhe confere maior flexibilidade quando comparado a outros sistemas de Ni-Ti, sendo apresentado nas versões rotatória e manual (Ruddle, 2001/2006; Clauder & Baumann, 2004; Câmara, 2008; Bonetti Filho, 2009).

O instrumento F2 do sistema rotatório, utilizado nesta investigação, segundo Ruddle (2001-2006), Clauder & Baumann (2004), Câmara (2008) e Bonetti Filho (2009) possui D0 de 0,25mm e um anel vermelho localizado no cabo dourado para sua identificação, a conicidade entre D1 e D3 é fixa em 8%. Isto se justifica por ser o F2 usualmente, utilizado para instrumentação final de molares, corroborando com Yared (2008), quando utilizou nova técnica para o preparo endodôntico usando uma lima rotatória F2 do sistema ProTaper®.

Com relação aos substratos, os quais são confeccionados em forma de blocos ou placas, deve-se levar em conta a escolha de um modelo a base de resina fenólica que representa material com geometria e dureza semelhantes entre si, inclusive, obtendo-se canais simulados com graus de curvatura idênticos, o que possibilita uniformizar a pesquisa.

Convém esclarecer que, a cada dia, torna-se mais difícil obter dentes humanos para pesquisas graças à realização de tratamentos odontológicos preventivos. Atualmente, várias são as pesquisas a respeito da capacidade de corte e de desgaste dos instrumentos Ni-Ti usando como substratos a resina acrílica. Tanto no Brasil como no exterior, estudos com resina fenólica são recentes e limitados (Morrison et al., 1989; Sakane, 2007; Gonçalves, 2007; Alves-Claro et al., 2008; Medeiros et al., 2008). Assim sendo, faz-se necessário o uso de modelo experimental que emprega placas de resina fenólica como substrato em experimentação endodôntica, tendo como principal propósito avaliar estes parâmetros com diferentes limas confeccionadas em metal a base de Ni-Ti.

Apesar de serem recentes e escassos os estudos utilizando a resina fenólica para avaliar a capacidade de corte e de desgaste dos instrumentos Ni-Ti, esta investigação a utilizou, tendo como base os estudos de Morrison et al. (1989),

Gonçalves (2007), Sakane (2007), Alves-Claro et al. (2008) e Medeiros et al. (2008). Alves-Claro et al. (2008) concluíram que a resina fenólica além de apresentar dureza homogênea similar ao osso bovino úmido e baixa higroscopia, possui boa estabilidade dimensional, baixo custo de preparação, reprodutibilidade controlável na preparação das amostras e apresentou perda de peso em resposta ao ciclo de limagem, sendo, portanto, a justificativa da utilização desta resina para os procedimentos dessa investigação.

Analisando a resistência à corrosão dos instrumentos rotatórios de Ni-Ti do sistema ProTaper[®] inseridos em uma solução de hipoclorito a 5,25%, Nóvoa et al. (2007) concluíram que a liga de Ni-Ti corroeu o pH 12,3, principalmente quando associada galvanicamente ao ouro niquelado do cabo do instrumento, porque o ouro catalisou a redução do hipoclorito. Neste experimento, as limas dos dois sistemas foram irrigadas com hipoclorito de sódio a 1% durante o tempo de ensaio, totalizando 15 minutos para cada lima.

Mesmo sofrendo corrosão na prática clínica é a substância de eleição da maioria dos endodontistas, portanto, justifica seu uso, uma vez que tem-se que saber qual o comportamento do instrumento frente ao desgaste físico e químico.

Os resultados de Mahran & AboEl-Fotouh (2008) indicaram que o sistema ProTaper[®] removeu significativamente menos dentina na parede distal das raízes, quando comparada à Heroshape[®] e às brocas Gate Glidden[®]. Segundo os autores, o total de dentina removida durante o preparo do canal foi significativamente maior com o sistema ProTaper[®]. Simon et al. (2008) constataram que o *design* dos instrumentos ProTaper Universal[®] possibilita a ação de corte em apenas uma determinada área do canal, o que reduz, consideravelmente, o tratamento do instrumento nas paredes dentinárias.

Inan et al. (2007) analisaram topograficamente as limas rotatórias de Ni-Ti do sistema ProTaper[®] valendo-se de microscopia de força atômica dos instrumentos de numeração S1 e S2 (limas de formatação) e F1 e F2 (limas de acabamento) e concluíram que a comparação dos instrumentos novos com os utilizados após cinco utilizações demonstrou significativa deterioração dos mesmos. Ressaltaram que a deterioração da superfície das limas de acabamento foi maior que a deterioração das limas de formatação.

No estudo de Mateus et al. (2003) ficou claro que as limas usadas com 350rpm fraturaram mais que as utilizadas com 150 e 250rpm e que os canais que possuíam ângulos de curvatura mais acentuados favoreceram as fraturas. Lopes et al. (2007) concluíram que o instrumento F3 do sistema ProTaper Universal[®] rotacionados a 250rpm em canais artificiais de aço inoxidável resistiu a um menor número de rotações, até a fratura. Nesta pesquisa o sistema ProTaper Universal[®] também foi rotacionado a 250rpm, não ocorrendo fraturas das limas utilizadas no experimento. No estudo de Herold et al. (2007) o eletropolimento não foi capaz de inibir a formação de microfraturas em instrumentos EndoSequence[®] Taper 06. Todas as limas EndoSequence[®] Taper 06 desenvolveram microfraturas após o preparo de sete molares. Nesta investigação, no sistema EndoSequence[®] foi utilizada a rotação de 500rpm no qual apenas uma lima fraturou no quinto uso, e o MEV com aumento de 1000X após a instrumentação apenas para análise dos escores. No entanto, apesar da fratura de limas rotatórias de Ni-Ti ser indesejável durante o uso clínico, os cirurgiões-dentistas que as utilizarem em um ou dois casos não correm estatisticamente o risco fraturar as limas, corroborando com o estudo de Herold et al. (2007).

No estudo realizado por Wolcott et al. (2006) cujo objetivo foi determinar a incidência de fraturas das limas ProTaper® quando utilizadas cinco vezes, houve significância estatística para a fratura da lima F3 no quinto uso em relação às demais limas e usos. Nesta investigação, as limas ProTaper Universal® F2, utilizadas cinco vezes não ocorreu fratura em nenhuma lima. Muitos fabricantes recomendam que os instrumentos sejam de uso único, entretanto, os resultados do estudo de Wolcott et al. (2006) demonstraram que a reutilização das limas por quatro vezes não alterou a incidência de fratura.

Para verificar o tipo de fratura dos instrumentos ProTaper® após o uso clínico, Wei et al. (2007) concluíram que o MEV foi eficiente na análise longitudinal das fraturas dos instrumentos ProTaper®. Porém, nesta pesquisa o MEV foi utilizado antes e após a instrumentação, apenas para observação e análises de deformações por meio de escores que foram atribuídos pelos observadores.

No estudo de Chianello et al. (2008), os instrumentos foram microfotografados de 2 a 3mm a partir de sua ponta valendo-se do MEV com aumento de 190 vezes e as microfotografias foram avaliadas por três profissionais previamente orientados e calibrados, corroborando com uma parte desta investigação.

No estudo retrospectivo onde foram utilizados vários sistemas sendo que, entre eles haviam seis limas do sistema ProTaper®, Tzanetakis et al. (2008), não puderam determinar com segurança a frequência de fratura de instrumentos para um determinado sistema rotatório, porque muitos fatores estiveram implicados na taxa de fratura dos sistemas rotatórios, bem como o fato do número de fratura analisados ter sido muito baixo. Neste estudo, houve apenas uma fratura de uma lima do sistema EndoSequence®, que aconteceu no quinto uso.

Por meio do MEV, Willianson et al. (2009) concluíram que os sistemas Endosequence[®], ProFile[®] e ProTaper[®] foram igualmente eficientes para o debridamento dos canais, corroborando com esta pesquisa.

File et al. (2004) concluíram que outros fatores, principalmente erros e utilização indevida, podem ser os maiores responsáveis pela fratura das limas ProTaper[®] no interior do canal sugerindo que novos estudos sejam realizados para verificar os diferentes níveis de fadiga cíclicas.

Verificando as diferenças geométricas, a flexibilidade e resistência torcional dos instrumentos rotatórios ProTaper[®] e ProTaper Universal[®] avaliados por testes mecânicos, Câmara et al. (2009) concluíram que as mudanças sofridas pelos instrumentos ProTaper Universal[®] incrementaram a flexibilidade dos instrumentos e que houve aumento de resistência à torção, sendo que as mudanças realizadas nos instrumentos ProTaper Universal[®] podem dar origem a um comportamento clínico favorável, o que também foi constatado nesta investigação.

A análise estatística descritiva do somatório dos desgastes das limas ProTaper Universal[®] desse experimento, o coeficiente de variação foi de 8,7%, e para o EndoSequence[®] foi de 9,12%. Quando comparada a eficiência de corte neste estudo dos somatórios de desgastes não verificou-se diferença estatisticamente significativa entre as limas ProTaper Universal[®] e as EndoSequence[®].

As limas F2 ProTaper Universal[®] analisadas demonstraram perda de corte progressiva a partir do primeiro uso com estatística significativa até o quinto uso, enquanto as limas 25/06 EndoSequence[®] também demonstraram perda de corte progressiva significativa do primeiro ao quinto uso com exceção do quarto uso onde não houve perda de corte significativa em relação ao terceiro uso. Acredita-se que em função do exposto acima, quando se comparou a perda de corte dos

diferentes usos entre os dois grupos só houve diferença estatística significativa na comparação entre o quarto uso no qual as limas EndoSequence[®] demonstraram melhor desempenho que as limas ProTaper Universal[®], no restante da comparação não houve diferença estatística significativa entre as limas estudadas.

Avaliando em MEV as limas K3[®] e RT Densell[®], Gonçalves (2007) verificou que ocorreu maior desgaste nas limas do sistema rotatório RT Densell[®] quando comparadas com as limas K3, porém, sem significado estatístico. Cheung et al. (2007), que observaram por MEV a fratura de 401 limas ProTaper[®] manuais e 325 limas ProTaper[®] rotatórias, constataram que o tipo de fratura foi diferente para os dois instrumentos, prevalecendo a deformação plástica nos instrumentos do sistema ProTaper[®] manual. Já no estudo de Herold et al. (2007), quatro e dez limas apresentaram deformação plástica para EndoSequence[®] 600rpm e 300rpm, respectivamente; sendo que no grupo ProFile[®] não houve nenhum caso de fratura ou deformação.

Quanto à deformação das limas estudadas, verificou-se neste experimento, que não houve diferença estatisticamente significativa quando observadas em MEV nos aumentos de 190X (Chianello et al., 2008) e 1000X (Herold et al., 2007).

Partindo-se do princípio que na Endodontia, a utilização dos sistemas rotatórios têm sido uma constante na clínica diária, torna-se relevante enfatizar que, para o uso seguro dos instrumentos de Ni-Ti, o profissional deve conhecer além da geometria e dimensão, a sua relação com as propriedades mecânicas destes instrumentos.

Os sistemas rotatórios proporcionam o aprimoramento e simplificação do tratamento de canais radiculares e podem ser considerados como uma nova era

tanto na atividade diária do endodontista como também na dos clínicos gerais que aplicam essa especialidade.

Alguns cuidados são necessários para evitar que as limas sofram deformações e fraturas no interior do canal radicular, tais como: pré-alargamento dos terços coronário e médio, exploração prévia de todo o comprimento do canal e pressão apical adequada; pois tais cuidados possibilitarão o sucesso endodôntico com a utilização destes instrumentos.

O aparato construído para esta pesquisa mostrou-se eficaz para este tipo de investigação. No entanto, mais estudos são necessários, pois neste experimento foi testado apenas os instrumentos de ponta ISO 25 dos sistemas ProTaper Universal[®] e EndoSequence[®].

7 CONCLUSÕES

Com base na metodologia utilizada e a partir dos resultados obtidos na presente investigação, foi possível concluir que:

1. As limas ProTaper[®] e EndoSequence[®] apresentaram capacidades de cortes semelhantes sem diferença estatisticamente significativa. No entanto, a média da quantidade de resina fenólica desgastada foi maior com a lima EndoSequence[®] quando comparada com a lima ProTaper[®];
2. Quanto à deformação não houve diferença estatisticamente significativa entre ambos os sistemas utilizados. No entanto, uma lima do sistema EndoSequence[®], fraturou durante o quinto uso.

REFERÊNCIAS¹

1. Kurtzman GM. Simplifying endodontic with Endosequence rotary instrumentation. N Y State Dent J 2006; 72(1):56-59.
2. Miserendino LJ, Brantley WA, Walia HD, Gerstein H. Cutting efficiency of endodontic hand instruments. Part IV. Comparison of hybrid and traditional instruments designs. J Endod 1988; 14(9):451-454.
3. Shäfer E, Tepel J. Cutting efficiency of Hedstrom, S and U files made of various alloys in filling motion. Int Endod J 1996; 29(5):302-308.
4. Ruddle CJ. ProTaper rotary file series [serial online] 2008. [cited 2009 Abr 10]. Disponível em: URL: www.endoruddle.com/protaperd.html.
5. Civjan S, Huget EF, DeSimon LB. Potential applications of certain nickel-titanium (Nitinol) alloy. J Dent Res 1975; 54(1):89-96.
6. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. J Endod 1988; 14(7):346-351.
7. Câmara AS. Avaliação das alterações geométricas e dimensionais dos instrumentos de NiTi do sistema ProTaper para o sistema ProTaper Universal e o efeito destas para a flexibilidade e a resistência torcional [Tese de doutorado]. Araraquara: Universidade Paulista, Faculdade de Odontologia, 2008. 142p.
8. Cluder T, Baumann MA. Protaper NT System. Dent Clin North Am 2004; 48(1):87-111.
9. Bonetti Filho I. Sistema ProTaper. In: Leonardo MR, Leonardo RT. Endodontia: conceito biológico e recursos tecnológicos. São Paulo: Artes Médicas; 2009. p.315-344.
10. Ruddle CJ. The ProTaper endodontic system: geometries, feature and guidelines for use. Dent Today 2001; 20(10):60-67.

¹ Referências elaboradas segundo modelo Vancouver

11. Ruddle CJ. Shaping for success...everything old is new again. *Dent Today* 2006; 25(4):120-127.
12. West J. Progressive taper technology: rationale and clinical technique for the new ProTaper universal system. *Dent Today* 2006; 25(12):64-69.
13. Ruddle CJ. Nickel-Titanium rotary instruments: Current concepts for preparing the root canal systems. *Aust Endod J* 2003; 29(2):87-98.
14. Flores DSH, Moura TR. Sistema EndoSequence. In: Leonardo MR, Leonardo RT. *Endodontia: conceito biológico e recursos tecnológicos*. São Paulo: Artes Médicas; 2009. p.299-314.
15. Alves-Claro APR, Claro FAE, Uzumaki ET. Wear resistance of nickel-titanium endodontic files after surface treatment. *J Mater Sci: Mater Med* 2008;19(10):3273-3277.
16. Morrison SW, Newton CW, Brown C. The effects of steam sterilization and usage on cutting efficiency of endodontic instruments. *J Endod* 1989; 15(9):427-431.
17. Lopes HP, Elias CN. Fratura dos instrumentos endodônticos de NiTi acionados a motor. *Fundamentos teóricos e práticos*. *Rev Bras Odontol* 2001; 58(3):207-210.
18. Mateus B, Zelida G, Varela P, Bahillo JG, Magan F, Aln S, et al. Factors influencing the fracture of nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J* 2003; 36(4):262-266.
19. Berutti E, Negro AR, Lendini M, Pasqualini D. Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary instruments. *J Endod* 2004; 30(4):228-230.
20. Darabara M, Bourithis L, Zinelis S, Papadimitriou GD. Susceptibility to localized corrosion of stainless steel and NiTi endodontic instruments in irrigating solutions. *Int Endod J*. 2004 Oct; 37(10): 705-711.
21. File D, Gambarini G, Brito LR. Cyclic fatigue testing of ProTaper Ni-Ti rotary instruments after clinical use. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004; 97(2):251-256.
22. Gambarini G. Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instruments after clinical use with low-and high-torque endodontic. *J Endod* 2001; 27(12):772-774.

23. Lopes HP, Siqueira Júnior JF. Endodontia: Biologia e Técnica. 2a ed. São Paulo: Medsi; 2004. p.235-239.
24. Veltri M, Mollo A, Pini PP, Ghelli LF, Balleri P. In vitro comparison o shaping abilities of ProTaper and GT rotary files. J Endod 2004; 30(3):163-166.
25. Guelzow A, Stamm O, Martus P, Kielbassa AM. Comparative study of six rotary nickel-titanium system and hand instrumentation for root canal preparation. Int Endod J 2005; 38(10):743-752.
26. Koch K, Brave D. Endodontic Synchronicity. Compend Contin Educ Dent 2005; 26(3):218-224.
27. Paqué F, Musch U, Hulsmann M. Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. Int Endod J 2005; 38(1):8-16.
28. Yoshimine Y, Ono M, Akamine A. The shaping effects of three nickel-titanium rotary instruments in simulated S-shaped canals. J Endod 2005; 31(5):373-375.
29. Aasim SA, Mellor AC, Qualtrough AJE. The effects of pre-soaking and time in the ultrasonic cleaner on the cleanliness of sterilized endodontic files. Int Endod J 2006; 37(2):143-149.
30. Miyai K, Ebihara A, Hayashi Y, Doi H, Suda H, Yoneyama T. Influence of phase transformation on the torsional and bending properties of nickel-titanium rotary endodontic instruments. Int Endod J 2006; 39(2):119-126.
31. Santos MDB, Marceliano MF, Souza PRS. Evaluation of apical deviation in root canals instrumented with K3 and ProTaper systems. J Appl Oral Sci 2006; 14(6):460-464.
32. Tanalp J, Kaptan F, Sert S, Kayahan B, Bayırlı G. Quantitative evaluation of the amount of apically extruded debris using 3 different rotary instrumentation systems. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2006; 101(2):250-257.
33. Versiani MA. Análise comparativa ex vivo dos efeitos do preparo de canais curvos com diferentes sistemas rotatórios, por meio de tomografia computadorizada helicoidal [Dissertação de mestrado]. Ribeirão Preto: Universidade de Ribeirão Preto, Departamento de Odontologia, 2006. 81p.

34. Wolcott S, Wolcott J, Ishley D, Kenndy W, Johnson S, Minnich S, et al. Separation incidence of ProTaper rotary instruments: a large cohort clinical evaluation. *J Endod* 2006; 32(12):1139-1141.
35. Yang GB, Zhou XD, Zhang H, Wu HK. Shaping ability of progressive versus constant taper instruments in simulated root canals. *Int Endod J* 2006; 39(10):791-799.
36. Anderson EM, Price J WH, Parashos P. Fracture resistance of electropolished rotary Nickel–Titanium endodontic instruments. *J Endod* 2007; 33(10):1212-1216.
37. Cheung GSP, Bian Z, Shen Y, Penj B, Darvell BW. Comparison of defects in Protaper hand-operated and engine-driven instruments after clinical use. *Int Endod J* 2007; 40(3):168-178.
38. Gonçalves EMB. Análise da capacidade de corte e deformação das limas K# e RT Densell [Dissertação de mestrado]. Taubaté: Universidade de Taubaté, Departamento de Odontologia, 2007. 95p.
39. Herold KS, Johnson RB, 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):712-714.
40. Inan U, Aydin C, Uzun O, Topuz O, Alacam T. Evaluation of the surface characteristics of used and new ProTaper instruments: an atomic force microscopy study. *J Endod* 2007; 33(11):1334-1337.
41. Javaheri HH, Javaheri GH. A comparison of three Ni-Ti rotary instruments in apical transportation. *J Endod* 2007; 33(3):284-286.
42. Lopes HP, Moreira E JL, Elias CN, Almeida RA, Neves MS. Cyclic fatigue of ProTaper instruments. *J Endod* 2007; 33(1):55-57.
43. Nóvoa XR, Martin-Biedma B, Valera-Patiño P, Collazo A, Macias-Luaces A, Cantatore G, et al. The corrosion of nickel-titanium rotary endodontic instruments in sodium hypochlorite. *Int Endod J* 2007; 40(1):36-44.
44. Ray JJ, Kirkpatrick TC, Rutledge RE. Cyclic fatigue of Endosequence and K3 rotary files in a dynamic model. *J Endod* 2007; 33(12):1469-1472.

45. Sakane FK. Avaliação in vitro da capacidade de corte e do desgaste de limas manuais de Ni-Ti [Dissertação de mestrado]. Taubaté: Universidade de Taubaté, Departamento de Odontologia, 2007. 73p.
46. Wei X, Ling J, Jiang J, Huang X, Liu L. Modes of failure of ProTaper nickel-titanium rotary instruments after clinical use. *J Endod* 2007; 33(3):276-279.
47. Bonaccorso A, Cantatore G, Condorelli GG, Schafer E, Tripi TR. Chemical analysis of nickel-titanium rotary instruments with and without electropolishing after cleaning procedures with sodium hypochlorite. *J Endod* 2008; 34(11):1391-1395.
48. Chianello G, Specian VL, Hardt LCF, Raldi DP, Lage-Marques JL, Habitante SM. Surface finishing of unused rotary endodontic instruments: a SEM study. *Braz Dent J* 2008; 19(2):109-113.
49. Elayoutia A, Chu AL, Knionis L, Klein C, Veiger R, Lost C. Efficacy of rotary instruments with greter taper in preparing oval root canals. *Int Endod J* 2008; 41(12): 1088-1042.
50. Mahran AH, AboEl-Fotouh MM. Comparison of effects of Protaper, Heroshaper, and Gates Glidden Burs on cervical dentin thickness and root canal volume by using multislice computed tomography. *J Endod* 2008; 34(10):1219-1222.
51. Medeiros JMF, Zollner NA, Carvalho PL, Alves APR, Clemente RGP. Capacidad de corte de la lima Flexofile en canales simulados. *Rev Cubana Estomatol* 2008; 45(1):1-2.
52. Shen Y, Haapasalo M. Three-dimensional analysis of cutting behavior of Nickel-titanium rotary instruments by microcomputed tomography. *J Endod* 2008 May; 34(5):606-610.
53. Simon S, Lunley P, Tomson P, Pertot WJ, Machtou P. ProTaper hybrid technique. *Dent Update* 2008; 35(2):110-116.
54. Tzanetakis GN, Kontakiotis EG, Maurikou DV, Marzelou MP. Prevalence and management of instrument fracture in the Postgraduate Endodontic Program at the Dental School of Athens: a five-year retrospective clinical study. *J Endod* 2008; 34(6):675-678.
55. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J* 2008; 41(4):339-344.

56. Bier CAS, Shemesh H, Tanomaru Filho M, Wesselink PR, Wu MK. The ability of different Nickel-Titanium rotary instruments to induce dentinal damage during canal preparation. *J Endod* 2009; 35(2):236-238.
57. Boessler C, Paque F, Peters AO. The effect of electropolishing on torque and force during simulated root canal preparation with ProTaper shaping files. *J Endod* 2009; 35(1):102-106.
58. Câmara AS, Martins RC, Viana AC, Leonardo RT, Buono VT, Bahia MGA. Flexibility and torsional strength of Protaper and Protaper Universal rotary instruments assessed by mechanical tests. *J Endod* 2009; 35(1):113-116.
59. Larsen MC, Watanabe I, Glickman GN, He J. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel-titanium rotary instrument. *J Endod* 2009; 35(3):401-403.
60. Unal GC, Maden M, Savgat A, Orhan EO. Comparative investigation of 2 rotary nickel-titanium instruments: ProTaper Universal versus ProTaper. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 107(6):886-892.
61. Willianson A, Sandor A, Justuman B. A comparison of three Nickel Titanium rotator systems, Endosequence, Protaper Universal, and Profile GT, for canal-cleaning ability. *J Endod* 2009; 35(1):107-109.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Tabela com os referidos pesos

GRUPOS	P0	P1	P2	P3	P4	P5
ProTaper Universal®	10.564	10.523	10.508	10.490	10.478	10.469
	8.396	8.359	8.334	8.316	8.306	8.298
	8.237	8.202	8.184	8.168	8.159	8.152
	7.720	7.670	7.650	7.635	7.626	7.618
	8.631	8.593	8.575	8.560	8.548	8.540
	9.760	9.714	9.688	9.671	9.659	9.651
	8.747	8.708	8.682	8.666	8.655	8.649
	10.664	10.621	10.602	10.585	10.571	10.563
	10.434	10.392	10.367	10.351	10.338	10.330
	10.819	10.782	10.762	10.746	10.736	10.724
EndoSequence®	8.425	8.388	8.370	8.354	8.339	8.333
	9.395	9.355	9.329	9.309	9.293	9.284
	9.956	9.926	9.909	9.892	9.877	9.871
	-	-	-	-	-	-
	10.157	10.113	10.089	10.073	10.057	10.049
	10.911	10.869	10.847	10.830	10.812	10.805
	10.110	10.067	10.048	10.032	10.014	10.009
	8.731	8.695	8.675	8.661	8.646	8.643
	10.689	10.649	10.627	10.610	10.594	10.587
	10.038	10.000	9.978	9.963	9.950	9.942

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial desta obra, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisas, desde que citada a fonte.

Paulo Roberto Baptista Reis

Taubaté, agosto de 2009.