

Filipe Augusto Moreno Cornélio do Carmo Martins

**Self Adjusting Files (SAF[®]): Perspetiva comparativa com o sistema
ProTaper[®]**

Faculdade de Ciências da Saúde

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2012

Filipe Augusto Moreno Cornélio do Carmo Martins

**Self Adjusting Files (SAF[®]): Perspetiva comparativa com o sistema
ProTaper[®]**

Faculdade de Ciências da Saúde

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2012

Filipe Augusto Moreno Cornélio do Carmo Martins

**Self Adjusting Files (SAF[®]): Perspetiva comparativa com o sistema
ProTaper[®]**

**Tese apresentada
à Universidade Fernando Pessoa
como parte dos requisitos para a
obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária**

Resumo

A Endodontia é uma área da Medicina Dentária que tem evoluído muito ao longo dos tempos. Surgiu no século XVII e desde aí, os conceitos, as técnicas e os materiais têm apresentado uma constante evolução e desenvolvimento. Alguns desses exemplos são as novas ligas metálicas que têm sido criadas e investigadas; os novos métodos de potenciação da irrigação; e as novas técnicas de obturação tridimensional que asseguram o correto selamento do sistema de canais radiculares.

Existem diversos sistemas de instrumentação mecanizada de canais radiculares, sendo o sistema SAF[®] dos mais recentes. Este sistema apresenta as características de apenas ser necessária uma lima única para a instrumentação de todo o canal, sendo a parte ativa um tubo compressível; respeitar a morfologia canalar existente e apresentar irrigação contínua e simultânea durante a instrumentação.

No que diz respeito ao sistema ProTaper[®], é um sistema que apresenta limas de instrumentação do terço coronal e médio do canal radicular (*shaping files*) e limas de instrumentação do terço apical (*finishing files*).

A presente tese com o título “Self Adjusting Files (SAF[®]): Perspetiva comparativa com o sistema ProTaper[®]”, tem como objetivo a elaboração de uma revisão bibliográfica com o intuito de comparar parâmetros específicos duma nova técnica de instrumentação canalar mecanizada (Self Adjusting Files[®]) com o sistema de instrumentação mecanizada ProTaper[®].

A pesquisa foi realizada com base em artigos científicos e livros, sendo consultada a biblioteca da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa, Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto. A pesquisa bibliográfica utilizou os motores de busca *PubMed*, *Embase* e *Science Direct* com as seguintes palavras-chave: “*Self Adjusting File*”, “*ProTaper*”, “*Rotary System*”, “*Nickel Titanium*”, “*Endodontic irrigation*”, “*Endodontic obturation*”.

Os sistemas de instrumentação mecanizada SAF[®] e ProTaper[®] representam duas perspectivas de preparação canalar distintas: a primeira preconiza a adaptação da lima à anatomia tridimensional do canal radicular, enquanto a segunda preconiza uma preparação canalar com conicidade múltipla e progressiva.

Abstract

Endodontics is an area of dentistry that has evolved greatly over time. Emerged in the seventeenth century and since then, the concepts, techniques and materials showed a constant evolution and development. Some examples new alloys that have been created and investigated; new methods of enhancement of irrigation; and new tridimensional obturation techniques that ensure the sealing of the root canal system.

There are multiple systems of root canal instrumentation, the SAF[®] system is an the most recent. This system presents a compressible tube in active part and single file use, respect of root canal morphology and preconize continuous and simultaneous irrigation during the instrumentation.

The ProTaper[®] system presents files to coronal and middle third instrumentation (*shaping files*) and files to apical third instrumentation (*finishing files*).

The purpose of this thesis titled “Self Adjusting Files (SAF[®]): Comparative perspective with the ProTaper[®] system” was the realization of a bibliographic review in order to compare specific parameters of a new rotary instrumentation technique (Self Adjusting Files[®]) with the ProTaper[®] rotary system.

The research was realized based on scientific articles and books, consulted the Health Sciences Faculty of Fernando Pessoa University, Dentistry School of Oporto University. The bibliographic research used *PubMed*, *Embase* e *Science Direct* with the key-words: “*Self Adjusting File*”, “*ProTaper*” “*Rotary System*”, “*Nickel Titanium*”, “*Endodontic irrigation*”, “*Endodontic obturation*”.

The rotary instrumentation systems SAF[®] and ProTaper[®] represent a different perspectives of root canal instrumentation: SAF[®] advocates the adaptation of the file to the tridimensional anatomy of root canal and the second ProTaper[®] advocates the root canal instrumentation with multiple and progressive taper.

Dedicatória

**A Deus,
Aos meus Pais, Irmão e Avós**

Agradeço aos meus Pais do fundo do coração tudo o que fizeram por mim, porque sem vocês não seria possível alcançar esta grande Vitória...

Penso que este seja o melhor presente que vos poderia oferecer, de modo a agradecer e vossa dedicação, amor, palavras sábias, apoio...

Porque não existem palavras para agradecer tudo o que por mim fizeram...

Assim, quero dedicar-vos este trabalho,

em que empenho toda a minha dedicação, esforço, trabalho, amor...

Agradecimentos

Estando perto de terminar esta fase da minha vida, não posso de deixar de agradecer às pessoas que contribuíram para a minha formação, como profissional bem como Homem. Assim agradeço:

A Deus, por tudo o que me ofereces e pelo que tenho conquistado, graças a Ti! A Ti devo, agradeço e ofereço esta Vitória!

Aos meus Pais, por todos os valores que me transmitiram, pela educação, amor, carinho, confiança, apoio que sempre me transmitiram. A vós devo este Mestrado, pois sem vocês não seria possível a realização do meu sonho.

Ao meu irmão, Tiago Martins, antes de seres o Melhor Binómio do Mundo...és o Melhor Irmão que podia ter! Agradeço assim, a tua constante presença, amor, apoio, tudo o que me ensinaste e continuarás a ensinar, pelos magníficos casos clínicos que juntos realizamos, tentando sempre aperfeiçoar-nos cada vez mais...

À minha Avó, todo o carinho, amor que sempre me deste, bem como a tua dedicação e preocupação que por mim tens...agradeço tudo o que fizeste e fazes por mim!

Ao meu Avô, todo o carinho, amor que sempre me deste e sei que continuarás a olhar sempre por mim!

Ao Mestre Duarte Guimarães, pela sua orientação na realização deste trabalho, pela simpatia e por tudo o que me ensinou ao longo destes anos...Obrigado!

À Mestre Liliana Teixeira, por tudo o que me ensinou ao longo destes anos, pela simpatia com que sempre me acolheu... Pela confiança que sempre me transmitiu, pela profissional e ser humano que é...e que pretendo seguir!

Aos Professores Alexandrine Carvalho, Hélder Oliveira, Patrícia Manarte, Joana Domingues e Sandra Gavinha pela oportunidade que me deram de participar no planeamento e realização de casos clínicos mais complexos nos quais através da sua

sabedoria pude aprender como realizar e obter tratamentos de excelência. A todos agradeço as horas extra aulas dispendidas para me ensinar. A todos levo no coração como colegas e amigos!

A dois jovens Professores, Alexandrine Carvalho e Hélder Oliveira, a quem muito agradeço por tudo o que me ensinaram! São pessoas que muito admiro quer como seres humanos quer como excelentes profissionais que são...os conselhos sempre amigos que me deram, assim como a confiança que sempre me transmitiram...as horas dispendidas na ajuda da realização de trabalhos...a simpatia e amizade que sempre demonstraram! Sei que vão continuar a ser dois brilhantes profissionais...que pretendo seguir...dos quais muito me orgulho de ter sido aluno... e ser amigo!

A todos os meus amigos e colegas, obrigado pelos bons momentos que passamos juntos durante esta fase, bem como pela vossa amizade...

Ao meu amigo Cristiano Alves, pela tua amizade, por tudo o que me ensinaste... pela confiança que me transmitiste...pelo profissional que pretendo seguir...e pelo professor que para mim já és!

Aos verdadeiros amigos...

Aos Professores de forma geral, que de alguma maneira contribuíram para a minha formação durante estes cinco anos.

Aos Professores: Abel Salgado, Adolfo Magalhães, Alexandra Martins, Alexandrine Carvalho, Ana Gonçalves, Ana Teles, Ana Rita Nóbrega, Beatriz Monteiro, Carlos Falcão, Carlos Silva, Cláudia Barbosa, Duarte Guimarães, Hélder Oliveira, Joana Domingues, Jorge Pereira, José Frias Bulhosa, Liliana Teixeira, Luís Martins, Miguel Guimarães, Miguel Matos, Natália Vasconcelos, Patrícia Manarte, Sandra Faria, Sandra Gavinha, Susana Coelho, pelos ensinamentos e conhecimentos que me transmitiram, adquiridos com a experiência... pela humildade que me transmitiram...pela dedicação...por serem um exemplo de Profissionais de excelência que pretendo seguir! A todos levo no coração...na verdade, é com grande orgulho que digo que fui vosso Aluno! Muito Obrigado!

Índice Geral

Introdução	1
Materiais e métodos	3
Desenvolvimento	
I. Fases do tratamento endodôntico não cirúrgico.....	4
II. O Níquel Titânio em Endodontia.....	4
1. Introdução do Níquel Titânio.....	4
2. Características do Níquel Titânio.....	5
III. Introdução da instrumentação rotatória.....	7
IV. Design e modo de funcionamento.....	9
1. SAF [®]	10
2. ProTaper [®]	14
V. Irrigação.....	16
1. SAF [®]	19
2. ProTaper [®]	23
2.1. Seringas.....	23
2.2. Agulhas.....	24
2.3. Sistemas de potenciação da irrigação.....	27
VI. Transporte apical.....	28
1. SAF [®]	29
2. ProTaper [®]	30
VII. Instrumentação de canais radiculares ovais.....	31
1. SAF [®]	32
2. ProTaper [®]	32
VIII. Flexibilidade/resistência à fratura.....	35
1. SAF [®]	37
2. ProTaper [®]	38
IX. Remoção de detritos e <i>smear layer</i>	41
1. SAF [®]	41
2. ProTaper [®]	43

X. Obturação.....	44
1. SAF [®]	44
2. ProTaper [®]	45
XI. Retratamento endodôntico não cirúrgico.....	46
1. SAF [®]	47
2. ProTaper [®]	47
Conclusão.....	50
Referências bibliográficas.....	51

Índice de figuras

Figura 1: Perspetiva evolutiva resumida dos sistemas de instrumentação mecanizada de canais radiculares, com exemplos de sistemas com impacto na evolução e desenvolvimento das técnicas de instrumentação mecanizada de canais radiculares.....8

Figura 2: **A.** Lima SAF[®] de 21 milímetros de comprimento. **B.** Lima SAF[®] de 25 milímetros de comprimento (adaptado de Metzger *et al.*, 2010a).....10

Figura 3: **A.** Lima SAF[®] no interior de canal radicular de incisivo inferior (vista vestibular/lingual). **B.** Lima SAF[®] em vista mesio/distal, onde é possível visualizar a adaptação da lima à anatomia tridimensional do canal radicular. **C.** Não adaptação da lima K à anatomia tridimensional do canal radicular (adaptado de Metzger *et al.*, 2010a).....11

Figura 4: **A.** Peça de mão utilizado no sistema de instrumentação mecanizada SAF[®]. **B.** Dispositivo de armazenamento das soluções irrigadoras (VATEA[®]) (adaptado de Adıgüzel, 2011).....12

Figura 5: Imagem SAF[®] introduzida na peça de mão, onde é possível visualizar o tubo de silicone por onde entra o irrigante no interior da lima SAF[®] (adaptado de Adıgüzel, 2011).....13

Figura 6: A peça de mão RDT3_ NX permite a adaptação do sistema SAF[®] a outros motores de instrumentação mecanizada, como o motor X Smart[®] (adaptado de Newsletter SAF[®], 2011).....13

Figura 7: Motor XSmart[®] utilizado no sistema de instrumentação mecanizada ProTaper[®] (adaptado de Catálogo Dentsply[®], 2012).....15

Figura 8: Limas ProTaper[®] (adaptado de Ruddle, 2005).....16

Figura 9: **A.** Imagem de *scanning electron microscopy* da superfície dentinária radicular onde é possível identificar a presença de detritos em canal radicular não instrumentado. **B.** Imagem de *scanning electron microscopy* de corte da superfície dentinária radicular onde é possível identificar a presença de *smear layer* originada pela instrumentação canal, assim como a presença de *smear plugs* nos túbulos dentinários. As soluções irrigadoras são de grande importância na remoção de detritos existentes nos túbulos dentinários que a lima endodôntica não consegue instrumentar (adaptado de Haapasalo *et al.*, 2010).....18

Figura 10: Imagem de *scanning electron microscopy* de corte da superfície dentinária de canal radicular instrumentado e irrigado com Hipoclorito de Sódio e EDTA (adaptado de Haapasalo *et al.*, 2010).....18

Figura 11: Imagem de vários tarugos. **A.** Tarugo com corante no seu interior, que simula ao conteúdo canal. **B.** Tarugo instrumentado com lima SAF[®] e onde foi utilizada irrigação manual, com seringa e agulha com saída lateral. **C.** Visualização de corante na zona apical, que não foi removido durante a preparação canal (adaptado de Metzger *et al.*, 2010a).....20

Figura 12: Imagem de vários tarugos. **A.** Tarugo com corante no seu interior, que simula ao conteúdo canal. **B.** Tarugo que foi instrumentado com lima SAF[®] e irrigação contínua e simultânea com o sistema VATEA[®]. **C.** Tarugo onde é possível visualizar a limpeza do terço apical, demonstrada pela não existência de corante, após a preparação canal (adaptado de Metzger *et al.*, 2010a).....21

Figura 13: **A.** Secção a 5 mm do ápice radicular. É possível visualizar a zona não instrumentada pelas limas de níquel titânio, pertencentes ao grupo I. **B.** Secção a 5 mm do ápice radicular, instrumentado pelo sistema SAF[®], evidenciando uma preparação canal uniforme (adaptado de Siqueira *et al.*, 2010).....22

Figura 14: Seringas de irrigação, com 20mL, 10mL, 5 mL e 2 mL (adaptado de Haapasalo *et al.*, 2010).....24

Figura 15: Imagem de quatro tipos de *design* de agulhas para a irrigação no TENC. Os designs das quatro agulhas apresentam a mesma característica: tem saída lateral da solução irrigadora, facto que minimiza o risco de extravasamento de irrigante (adaptado de Haapasalo *et al.*, 2010).....25

Figura 16: **A.** Imagem demonstrativa (CFD) da movimentação das partículas no interior dos canais radiculares, durante a irrigação com agulha de saída lateral. **B.** Imagem demonstrativa (CFD) (adaptado de Haapasalo *et al.*, 2010).....26

Figura 17: A imagem de CFD, permite a visualização da velocidade da solução irrigadora no interior da lima com saída lateral, normalmente utilizada na irrigação de canais radiculares. É, deste modo, possível visualizar a alta velocidade existente no interior da agulha de irrigação, assim como a alta e média velocidade existente na saída da solução irrigadora, facto de grande importância na eficácia da desinfeção canal (adaptado de Haapasalo *et al.*, 2010).....26

Figura 18: **A.** Cântula macro do sistema de irrigação EndoVac[®]. **B.** Cântula micro do sistema de irrigação EndoVac[®]. **C.** Sistema EndoActivator[®] (adaptado de Desai e Himel, 2009).....27

Figura 19: Imagem de análise de *micro CT* de canal radicular com curvatura. **A.** Imagem de análise de *micro CT* onde é possível visualizar a anatomia tridimensional existente num canal radicular com curvatura antes da preparação canal (cor vermelho). **B.** Preparação canal realizada com o sistema de instrumentação SAF[®] (cor azul), onde é possível visualizar a preservação da anatomia tridimensional existente, não ocorrendo transporte apical (adaptado de Metzger *et al.*, 2010a).....29

Figura 20: **A e B.** Radiografia de molar superior, onde é possível visualizar a adaptação da lima SAF[®] à anatomia tridimensional existente. **C.** Preservação do forâmen apical (adaptado de Metzger *et al.*, 2010a).....30

Figura 21: Ilustração esquemática de Raio X com projeção vestibular/ lingual de três dentes com morfologias canulares distintas. **A.** Projeção radiográfica de dente bicanal, sendo possível visualizar apenas um canal radicular, sem a informação que este canal apresenta uma morfologia oval. **B.** Projeção radiográfica de dente monocanal que apresenta um canal morfologia oval, sendo visualizado na película radiográfica como canal circular. **C.** Projeção radiográfica de dente monocanal, que apresenta canal circular (adaptado de Metzger *et al.*, 2010a).....32

Figura 22: Imagem de *micro CT* de 2º Pré Molar Superior, onde é possível verificar a anatomia tridimensional do canal radicular. É possível perceber pela vista frontal (**A**) e pela vista lateral (**B**) que o canal apresenta uma morfologia oval (adaptado de Metzger *et al.*, 2010a).....32

Figura 23: Ilustração da instrumentação realizada pelo sistema SAF[®] num canal radicular oval, onde é possível visualizar de forma esquemática a instrumentação realizada (adaptado de Metzger *et al.*, 2010a).....33

Figura 24: Imagens de análise histológica. **A.** Canal radicular instrumentado com o sistema de instrumentação mecanizada SAF[®], que apresenta irrigação contínua e alternada. **B.** Canal radicular instrumentado com o sistema ProTaper[®] com irrigação com seringa e agulha de saída lateral (adaptado de De Deus, 2011).....34

Figura 25: Imagens de *micro CT*, a verde indica as paredes do canal radicular pré instrumentadas e a vermelho indica as paredes instrumentadas. **A.** Instrumentação com limas H e movimentos circunferenciais. **B.** Instrumentação com limas ProTaper[®] F4. **C.** Instrumentação com limas ProTaper[®] F4 com movimentos circunferenciais (adaptado de Paqué *et al.*, 2010).....35

Figura 26: **A.** Imagem do dispositivo de teste da durabilidade das limas SAF[®] até à falha. As limas SAF[®] são utilizadas num tarugo que simula a instrumentação das limas num canal radicular. Cada lima é inspecionada após cada minuto de instrumentação, que

ocorre com irrigação contínua e simultânea. **B.** Falha mecânica das limas SAF[®], fratura de um arco lateral (adaptado de Hof *et al.*,2010).....37

Figura 27: Imagem de *scanning electron microscopy* (200x) do terço coronal, médio e apical de canal instrumentado com o sistema SAF[®]. É possível visualizar que todos os terços canalares se apresentam limpos, sem presença de detritos no interior do canal radicular (adaptado de Metzger *et al.*, 2010b).....42

Figura 28: Imagem de *scanning electron microscopy* (1000x) do terço coronal, médio e apical de canal instrumentado com o sistema SAF[®]. É possível verificar que o terço coronal, médio e apical apresentam-se sem *smear layer* nas paredes do canal radicular (adaptado de Metzger *et al.*, 2010b).....43

Figura 29: Cones Thermafil[®] Obturators de guta percha com diferentes calibres disponíveis (adaptado de Catálogo Dentsply[®], 2012).....45

Figura 30: **A.** Radiografia de dente com canal com TENC. **B.** Remoção de material obturador com limas rotatórias. É possível verificar a existência de remanescentes do material obturador, que não foram removidos com as limas rotatórias. **C.** Remoção da guta percha (que as limas rotatórias não removeram) com limas SAF[®]. O canal radicular apresenta-se limpo (adaptado de Newsletter SAF[®], 2011).....47

Figura 31: Lima ProTaper[®] D1 (adaptado de Catálogo Dentsply[®], 2012).....47

Figura 32: Lima ProTaper[®] D2 (adaptado de Catálogo Dentsply[®], 2012).....48

Figura 33: Lima ProTaper[®] D3 (adaptado de Catálogo Dentsply[®], 2012).....48

Índice de gráficos

Gráfico 1: Gráfico dos resultados obtidos. Remanescente de <i>Enterococcus faecallis</i> após a utilização dos sistemas de irrigação estudados (adaptado de Townsend <i>et al.</i> , 2009).....	27
Gráfico 2: A. Comparação da eficácia na remoção de dentina, em limas SAF [®] novas e em limas que com diversos períodos de tempo de utilização: 10, 20 e 30 minutos. B. Comparação da força exercida pela lima nas paredes do canal radicular de acordo o tempo de utilização: 10, 20 e 30 minutos (adaptado de Hof <i>et al.</i> , 2010).....	38
Gráfico 3: Gráfico onde é possível verificar que as limas F2 são as que apresentam um maior número de rotações antes da fratura, em instrumentos novos; e no que diz respeito a instrumentos utilizados em canais curvos e estreitos as limas F1 apresentam maior número de rotações posteriores até ocorrer fratura (adaptado de Ounsi <i>et al.</i> , 2007)....	39
Gráfico 4: Comparação da resistência à torção das limas ProTaper [®] S1, S2, F1, F2 e F3 (adaptado de Castellucci, 2005).....	40
Gráfico 5: Comparação da resistência à fadiga cíclica das limas ProTaper [®] <i>finishing files</i> F1, F2 e F3 (adaptado de Castellucci, 2005).....	41

Índice de tabelas

Tabela 1: Tabela descritiva dos parâmetros comprimento, parte ativa, conicidade, diâmetro, função e cor da lista, das limas ProTaper[®] (adaptado de Ruddle, 2005).....15

Tabela 2: Comparação da percentagem de resíduos e *smear layer* remanescentes no interior do canal radicular, com limas com 1, 3 e 5 utilizações (adaptado de Bindo *et al.*, 2010).....43

Abreviaturas e siglas

ANOVA – Teste estatístico de variância

CFU - *Colonia formation unite*

D0 – Diâmetro da ponta da lima endôntica

EDTA - *Ethylene diamine tetraacetic acid*

EUA – Estados Unidos da América

G – *Gauge*

g./cm³ – Gramas por centímetro cúbico

ISO – *International Standartization Organizacion*

Limas H - Limas Hedström

Micro CT - *Micro computed tomography*

Min - Minuto

mm - Milímetros

NaOCl - Hipoclorito de sódio

NiTi - Níquel Titânio

Pa - Pascal

Rpm - Rotações por minuto

SAF[®] - Self Adjusting File[®]

SEM - *Scanning electron microscopy*

TENC - Tratamento endodôntico não cirúrgico

% - Percentagem

Introdução

A Medicina é uma ciência que tem evoluído muito ao longo do tempo. A evolução científica e tecnológica com recurso a novas tecnologias tem vindo a ser utilizadas a favor da humanidade. Diversas tecnologias que são desenvolvidas com outros fins, que não propriamente a Medicina, tem vindo a ser exploradas por esta, visto as suas características físicas ou químicas conferirem mais valias de grande valor para a área da saúde. Desta forma, a Medicina Dentária tem evoluído em simultâneo com a evolução tecnológica. A Medicina Dentária do século XX não tem nada a ver com a Medicina Dentária contemporânea. Hoje, todas as suas áreas vivem dias em que a investigação traz novas técnicas, instrumentos, materiais e conhecimentos que fazem desta uma área sempre em constante evolução, sempre a favor do Homem tendo sido sempre desenvolvida através da evidência científica, sempre apoiada em evidência concedida pela investigação.

Assim sendo, a Endodontia é uma área da Medicina Dentária que tem evoluído muito ao longo dos tempos. A Endodontia surgiu no século XVII e desde aí, os conceitos, as técnicas e os materiais têm apresentado uma constante evolução e desenvolvimento. Atualmente, em todas as etapas do tratamento endodôntico não cirúrgico (instrumentação, desinfeção e obturação canal) as técnicas e materiais têm evoluído muito, pois a tecnologia introduziu novas descobertas e conhecimentos. Alguns desses exemplos são as novas ligas metálicas que têm sido criadas e investigadas para a primeira etapa do tratamento endodôntico não cirúrgico (TENC), os novos métodos de potenciação da irrigação (segunda etapa) e as novas técnicas de obturação que asseguram o correto selamento do sistema de canais radiculares (terceira etapa).

Contudo, a fase que apresentou maiores transformações nos últimos anos foi a preparação mecânica do canal radicular, tendo em vista a gradativa “substituição” da instrumentação manual pela automatização das técnicas de modelagem. A instrumentação mecanizada passa por um processo de consolidação inevitável por parte dos especialistas e está em constante evolução (Semaan *et al.*, 2009).

A Endodontia começou no século XVII, apresentando desde aí um grande desenvolvimento, quer a nível de definição, quer a nível de conhecimentos sobre a patologia pulpar e dos tecidos periapicais. Novos materiais e técnicas foram desenvolvidos até aos dias de hoje (Peters, 2004; Castellucci, 2005).

Em 1968, a *American Association of Endodontists* definiu a Endodontia como a área da Medicina Dentária que estuda a morfologia, fisiologia e patologia da polpa dentária e dos tecidos periapicais (Castellucci, 2005).

O autor desta tese escolheu o tema supramencionado, motivado pela melhor compreensão de dois sistemas de instrumentação mecanizada de canais radiculares (SAF[®] e ProTaper[®]), permitindo desta forma saber seleccionar qual o melhor sistema a utilizar para cada TENC.

Materiais e métodos

A presente tese com o título “Self Adjusting Files (SAF®): Perspetiva comparativa com o sistema ProTaper®”, tem como objetivo a elaboração de uma revisão bibliográfica com o intuito de comparar parâmetros específicos duma nova técnica de instrumentação canalar mecanizada (Self Adjusting Files®) com o sistema de instrumentação mecanizada ProTaper®.

Os parâmetros analisados incluem *design*, modo de funcionamento, irrigação, transporte apical, instrumentação de canais radiculares ovais, flexibilidade/resistência à fratura, remoção de detritos e *smear layer*, obturação e retratamento endodôntico não cirúrgico. A pesquisa foi realizada com base em artigos científicos e livros, com limitação temporal de 1974 a 2011 e limitação linguística em inglês, espanhol e português. Foram consultadas as bibliotecas da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa e Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto. A pesquisa bibliográfica utilizou os motores de busca *PubMed*, *Embase* e *Science Direct* com as seguintes palavras-chave: “*Self Adjusting File*”, “*ProTaper*”, “*Rotary System*”, “*Nickel Titanium*”, “*Endodontic irrigation*”, “*Endodontic obturation*”.

Desenvolvimento

I. Fases do tratamento endodôntico não cirúrgico

As fases do tratamento endodôntico não cirúrgico foram descritas em 1974 por Schilder, Weine e Bence como sendo: fase de diagnóstico; fase operatória; fase de obturação. A fase de diagnóstico consiste na identificação da causa da doença e o estabelecimento do plano de tratamento; a fase operatória consiste na preparação química mecânica dos canais radiculares e onde é criada forma final do canal radicular que posteriormente vai ser obturado; a fase de obturação consiste na obturação do sistema de canais radiculares com um material biocompatível e não reabsorvível e que assegure o selamento tridimensional do canal radicular, impedindo a microinfiltração bacteriana (Castellucci, 2005).

A preparação químico mecânica do canal radicular conjuga a instrumentação mecânica (limas endodônticas) com a irrigação química (irrigantes) (Young, 2007).

O sucesso do tratamento endodôntico depende de vários fatores, um dos passos mais importantes é a preparação do canal radicular (Peters, 2004).

II. O Níquel Titânio em Endodontia

1. Introdução do Níquel Titânio

O níquel titânio (NiTi) foi desenvolvido em 1960, inicialmente para material militar, mas rapidamente se percebeu que o níquel titânio podia ter outras utilizações em outras áreas completamente diferentes, como na Medicina Dentária (Semaan *et al.*, 2009).

As ligas metálicas de níquel-titânio foram desenvolvidas nos Estados Unidos da América, no Laboratório de Artilharia Naval da Marinha Americana para aplicação em peças e instrumentos da marinha. Ao níquel titânio foi dada a designação de *nitinol* (*Nickel-Titanium Naval Ordnance Laboratory*).

Surgiram dois tipos de NiTi: o *nitinol 55* que apresenta 55% de níquel e 45% de titânio, alto grau de memória mecânica, quando está à temperatura ambiente, não podendo sofrer tratamento térmico; e o *nitinol 60* que apresenta 60% de níquel e 40% de titânio, apresenta menor grau de memória mecânica do que o *nitinol 55*, podendo ter tratamento térmico (Shen *et al.*, 2011a; 2011b).

Em 1975, Civjan relatou a possível utilização do níquel titânio na Medicina Dentária. Civjan, Médico Dentista e coronel da Marinha dos Estados Unidos da América, avaliou o comportamento do *nitinol 55* e do *nitinol 60*, verificando que estas ligas poderiam ser utilizadas em diversas áreas da Medicina Dentária, como componente de próteses, aparelhos ortodônticos, instrumentos endodônticos, assim como em implantes. Na Medicina Dentária, o níquel titânio começou por ser utilizado nos aparelhos ortodônticos (Civjan, 1975).

Walia *et al.* (1988) desenvolveram o primeiro instrumento endodôntico. Utilizaram arame liso de níquel titânio, composto por 55% de níquel e 45% de titânio.

Deste modo, surgiram novos instrumentos com o objetivo de utilizar as propriedades super elásticas do NiTi. Posteriormente ao aparecimento das limas manuais de níquel titânio, surgiram limas rotatórias da mesma liga, denominadas NT Sensor (NT Company, EUA).

Surgiram posteriormente limas rotatórias como o sistema Lightspeed (Lightspeed Technology Inc., EUA) e Quantec (Tycom Inc., EUA).

2. Características do Níquel Titânio

O NiTi consiste em níquel e titânio com um *ratio* atómico semelhante, facto que confere a esta liga características únicas. É chamado “*exotic metal*” pois não respeita as regras normais da metalurgia. (Shen *et al.*, 2011a; 2011b).

O NiTi apresenta características especiais como super elasticidade e efeito de memória de forma, que possibilita a lima voltar à sua forma original após a deformação a que foi

sujeita. O NiTi apresenta uma grande resistência e um baixo módulo de elasticidade, características de grande importância na instrumentação de canais com curvaturas (Semaan *et al.*, 2009; Shen *et al.*, 2011a; 2011b).

O comportamento mecânico do NiTi é determinado pelas proporções relativas das três fases microestruturais: austenítica, martensítica e fase R (Castellucci, 2005; Shen *et al.*, 2011a).

A fase austenítica caracteriza-se por ser a fase cristalina mais estável da transformação do NiTi, tendo uma disposição cúbica entrelaçada. A fase martensítica consiste num entrelaçado com disposição hexagonal, sendo a fase que apresenta maior instabilidade. A fase de transformação consiste na transformação da disposição dos átomos da fase austenítica para martensítica (Castellucci, 2005).

Segundo Parashos *et al.* (2006), as características especiais do NiTi resultam da transição da fase de austenítica para martensítica.

Segundo Condorelli *et al.* (2010), as propriedades mecânicas do Níquel Titânio são influenciadas por pequenas alterações na composição, presença de impurezas e as condições do tratamento térmico a que é submetido.

As características especiais do NiTi (super elasticidade e efeito de memória de forma) são fortemente afetadas pelo tratamento térmico no processo de manufatura. (Yoneyama *et al.*, 1993; Thompson, 2000; Kuhn *et al.*, 2001; Condorelli *et al.*, 2010).

Atualmente, existe uma nova liga de NiTi, denominada de *M-Wire*, obtida através do tratamento térmico e mecânico do NiTi. Apresenta como características principais a sua super elasticidade, flexibilidade e maior resistência à fadiga cíclica dos instrumentos (Shen *et al.*, 2011a; 2011b).

III. Introdução da instrumentação rotatória

A instrumentação rotatória surgiu pouco depois da instrumentação manual. Os autores Otollengui (1892) e Callahan (1894) relataram o uso de brocas como auxiliares da preparação dos canais radiculares. Apesar de as brocas de Gates Glidden estarem disponíveis há mais de um século, a sua utilização apenas se restringia na preparação de canais radiculares para a colocação de espigões radiculares (Semaan *et al.*, 2009).

Segundo Grossman (1963), os instrumentos rotatórios apresentava um grande risco de fratura, sendo este risco maior do que o benefício da sua utilização (Castellucci, 2005).

Com o desenvolvimento da tecnologia foram desenvolvidas novas ligas para as brocas, com vista a deste modo se conseguir ultrapassar o risco de fratura.

Foram publicados diversos artigos científicos sobre a utilização das brocas de Gates Glidden, sendo para Schilder recomendada a sua utilização na preparação dos canais radiculares. Schilder defendeu em 1974, que o terço cervical do canal radicular deve apresentar uma maior conicidade do que o terço apical. Esta teoria foi inovadora, pois a teoria que predominava era a que o canal devia ter uma pequena conicidade canalar (Schilder, 1974).

Diversas técnicas de utilização das brocas de Gates Glidden foram desenvolvidas na Universidade do Ohio (Estados Unidos da América) e Universidade do Oregon (Estados Unidos da América), com vista a obter uma instrumentação eficaz.

Segundo Canzani (1984), a instrumentação com brocas de Gates Glidden melhoram a qualidade da preparação canalar assim como diminuem o tempo de trabalho em cada canal radicular.

Para Estrela e Figueiredo (1999), as grandes vantagens do uso de brocas de Gates Glidden seriam a melhor instrumentação do terço cervical do canal radicular, menor risco de formação de degrau e fratura das limas devido à diminuição da tensão no instrumento.

Deste modo, a primeira utilização de instrumentos rotatórios no interior do canal radicular começou com estas brocas, sendo as limas rotatórias mecanizadas a sua evolução.

A introdução das limas mecanizadas rotatórias de NiTi representaram uma grande evolução na instrumentação dos canais radiculares. Esta nova tecnologia revolucionou o tratamento endodôntico não cirúrgico (Semaan *et al.*, 2009).

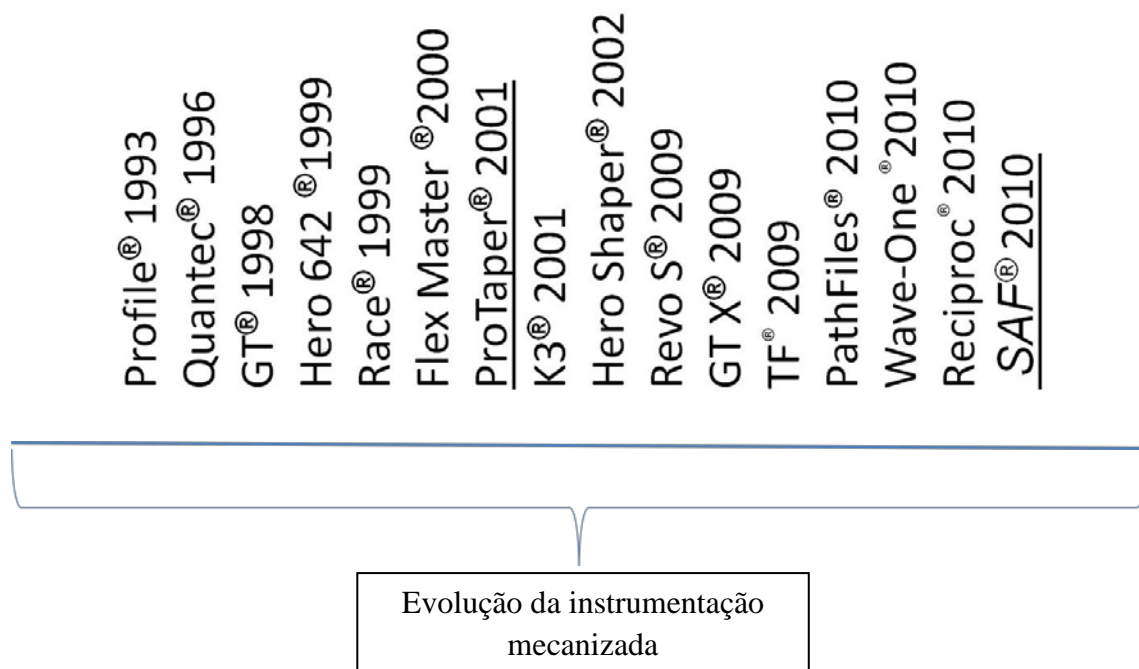


Figura 1: Perspetiva evolutiva resumida dos sistemas de instrumentação mecanizada de canais radiculares, com exemplos de sistemas com impacto na evolução e desenvolvimento das técnicas de instrumentação mecanizada de canais radiculares.

Sistema de instrumentação SAF[®] vs ProTaper[®]

IV. Design e modo de funcionamento

Os instrumentos utilizados na preparação mecanizada de canais radiculares apresentam diferentes *design* e modo de funcionamento (Bergmans *et al.*, 2001; Castellucci, 2005; Adıgüzel, 2011).

Desde a introdução do NiTi, o *design* das limas endodônticas mecanizadas tem apresentado evoluções, de modo a que com estas alterações se consiga obter uma instrumentação mais eficaz e segura (Castellucci, 2005).

Segundo Weine (1991), um instrumento endodôntico deve ser flexível de forma a conseguir instrumentar canais radiculares com curvaturas acentuadas; resistente a tensões e ser eficiente no corte de dentina. Os instrumentos endodônticos podem apresentar secção triangular, quadrangular ou losangular. Para o mesmo autor, os instrumentos triangulares e losangulares apresentam uma capacidade de corte superior e uma maior flexibilidade que parece estar associada à menor área da sua secção.

O *design* de uma lima endodôntica apresenta características específicas como a forma da lima (secção da lima); o tipo de conicidade (única/ progressiva); *radial land*; diâmetro nominal da lima (Bergmans *et al.*, 2001; Adıgüzel, 2011).

O modo de funcionamento dos sistemas de instrumentação endodônticos mecanizados baseiam-se na preparação de canais radiculares de forma mecanizada, não sendo uma instrumentação manual como a realizada pelas limas K e H. Desta forma, os sistemas de são constituídos por uma peça de mão, onde são acopladas as limas; e um motor, onde a peça de mão é ligada. O motor permite o controlo do número de rotações e do torque que a lima vai preparar o sistema de canais radiculares durante o TENC (Bergmans *et al.*, 2001; 2003).

O sistema de instrumentação SAF® e ProTaper® apresentam *design* e modo de funcionamento completamente diferentes, sendo deste modo conceitos de instrumentação canalicular distintos, facto que irá ser comprovado na descrição das suas características.

1. SAF®

As limas endodônticas SAF® são constituídas por NiTi, com forma cilíndrica e “oca”. Estas limas apresentam-se com dois diâmetros de ponta: 1,5 mm e 2 mm. Deste modo, quando uma lima é inserida no canal radicular, esta comprime de modo a ter o diâmetro do canal. Quando a SAF® é retirada do canal radicular, readquire o seu diâmetro e a sua forma inicial. A parte oca das limas, é o local por onde circula a irrigação, visto as SAF® permitirem irrigação contínua e simultânea. Estas limas são limas únicas, sendo utilizada apenas uma lima na instrumentação do canal radicular (Metzger *et al.*, 2010a; Hof *et al.*, 2010; Metzger *et al.*, 2010b; Peters *et al.*, 2011).

Segundo Metzger *et al.* (Metzger *et al.*, 2010a), uma lima SAF® com diâmetro 1,5 mm pode ser colocado num canal radicular que tenha sido negociado ou instrumentado com uma lima K20 manual; e a lima SAF® com diâmetro 2 mm pode ser colocado num canal que tenha sido negociado ou instrumentado com uma lima K30 manual. Assim sendo, a lima como é compressível, comprime ao entrar no canal, o que leva à criação de uma pressão nas paredes do canal radicular.



Figura 2: A. Lima SAF® de 21 milímetros de comprimento. B. Lima SAF® de 25 milímetros de comprimento (adaptado de Metzger *et al.*, 2010a).

As SAF[®] são limas que se adaptam à anatomia tridimensional canalar existente, sendo esta característica de particular relevância em canais radiculares cuja a sua secção é oval, facto que se irá discutir mais à frente neste trabalho (Metzger *et al.*, 2010a).

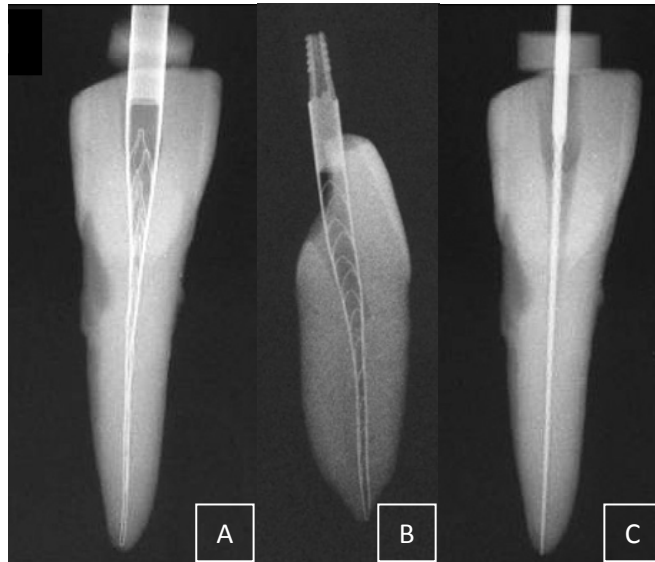


Figura 3: **A.** Lima SAF[®] no interior de canal radicular de incisivo inferior (vista vestibular/lingual). **B.** Lima SAF[®] em vista mesio/distal, onde é possível visualizar a adaptação da lima à anatomia tridimensional do canal radicular. **C.** Não adaptação de lima K à anatomia tridimensional do canal radicular (adaptado de Metzger *et al.*, 2010a).

As SAF[®] apresentam um motor e um sistema de irrigação (VATEA[®]). Deste modo, a lima é colocada na peça de mão, onde posteriormente é ligado um tubo de silicone na lima cujo está ligado ao sistema de irrigação (Metzger *et al.*, 2010a).

As SAF[®], apresentam um movimento *up-down*, com uma amplitude de cerca de 0,4 milímetros. Apresentam 3000 a 5000 vibrações por minuto, sendo referido na bibliografia que o tempo de preparação canalar é aproximadamente de 4 minutos. As SAF[®] são utilizadas durante dois ciclos de dois minutos cada um. Cada ciclo de instrumentação apresenta a duração de dois minutos. No primeiro minuto de cada ciclo é utilizado o hipoclorito de sódio a 3% e durante o segundo minuto é utilizado o EDTA a 17%. São utilizados 5 ml/min em cada, fazendo o total de 10 ml/min de cada solução irrigadora (Metzger *et al.*, 2010a; Peters *et al.*, 2011).



Figura 4: **A.** Peça de mão utilizado no sistema de instrumentação mecanizada SAF®. **B.** Dispositivo de armazenamento das soluções irrigadoras (VATEA®) (adaptado de Adigüzel, 2011).



Figura 5: Imagem SAF® introduzida na peça de mão, onde é possível visualizar o tubo de silicone por onde entra o irrigante no interior da lima SAF® (adaptado de Adigüzel, 2011).

Recentemente, foi desenvolvido (pela Re Dent Nova) um adaptador da peça de mão, o que permite a utilização do sistema SAF® nos motores de instrumentação mecanizada já existentes. Este adaptador é designado de RDT3_ NX, permitindo a adaptação a motores como X Smart® (Dentsply®), EndoMate® (NSK®) e Reciproc® (VDW®). Na verdade, esta inovação minimiza o custo que teria que ser efetuado na compra de um novo motor, facto que facilita a sua utilização (Newsletter SAF®, 2011).



Figura 6: A peça de mão RDT3_ NX permite a adaptação do sistema SAF® a outros motores de instrumentação mecanizada, como o motor XSmart® (adaptado de Newsletter SAF®, 2011).

Para Metzger *et al.* (2010a) “As limas Self-Adjusting File (SAF®; ReDent-Nova, Ra’anana, Israel) são diferentes dos restantes sistemas de instrumentação mecanizada em dois aspectos: primeiro, as limas SAF® são ocas e flexíveis, adaptando-se à anatomia tridimensional do canal. As SAF® apresentam vibração durante a instrumentação, removendo uniformemente os detritos canalares” .

ProTaper®

As limas endodônticas mecanizadas ProTaper® são constituídas por NiTi, apresentando oito limas, as *shaping files*: SX, S1 e S2; e as *finishing files*: F1, F2, F3, F4 e F5. Este sistema inicialmente apresentava apenas 6 limas: SX, S1, S2, F1, F2 e F3. Em 2006, houve uma modificação de algumas características físicas e a introdução de duas novas limas finishing files: F4 e F5, sendo esta nova geração das limas ProTaper® designada por ProTaper® Universal System. Esta nova geração de limas, foi desenvolvida pelo fabricante pela necessidade de instrumentação de canais radiculares com calibres superiores ao da lima F3 (calibre 30) e as limas F3 apresentarem como uma das suas características pouca flexibilidade. A lima *shaping file* SX passou também a ser uma lima acessória. O sistema ProTaper® Universal tem como características básicas, apresentar secção transversal triangular de arestas arredondadas, ângulo de corte negativo, núcleo estável, alta flexibilidade e conicidade múltipla (Castellucci, 2005; Ruddle, 2005).

As *shaping files* proporcionam a modelagem do terço cervical e médio dos canais radiculares, enquanto que as *finishing files* preparam o terço apical do canal radicular.

Uma das características do sistema ProTaper® é a conicidade múltipla que as limas apresentam. Isto indica que na mesma lima ProTaper® existe mais do que uma conicidade, não apresentando assim uma conicidade contínua em toda a lima (Ruddle, 2005).

O sistema de instrumentação mecanizado ProTaper® pode ser utilizado no motor (XSmart® - Dentsply® Maillefler) com um torque de 520 g./cm³ e pela peça de mão, onde as limas são acopladas. O motor XSmart® apresenta um contra-ângulo de 16:1, funcionando sem pedal. Deste modo, a peça de mão possui um botão para ligar e desligar a rotação das limas. Permite o ajuste do torque e velocidade assim como o movimento reverso das limas. São recomendadas pelo fabricante a sua utilização entre 250 a 350 rotações por minuto (rpm) (Castellucci, 2005; Ruddle, 2005).



Figura 7: Motor XSmart® utilizado pelo sistema de instrumentação mecanizado ProTaper® (adaptado de Catálogo Dentsply®, 2012).

		Comprimento (mm)	Parte ativa (mm)	Conicidade (%)	D0 (mm)	Função	Cor da haste
<i>Shaping files</i>	SX	19	14	3,5 a 19	0,19	Cervical	Dourado
	S1	21, 25 ou 31	15	2 a 11	0,17	Médio	Roxo
	S2	21, 25 ou 31	15	4 a 11,5	0,20	Médio	Branco
<i>Finishing files</i>	F1	21, 25 ou 31	16	5,5 a 7	0,20	Apical	Amarelo
	F2	21, 25 ou 31	16	5,5 a 8	0,25	Apical	Vermelho
	F3	21, 25 ou 31	16	5,5 a 9	0,30	Apical	Azul
	F4	21, 25 ou 31	16	5,5 a 9	0,40	Apical	Duas listas pretas
	F5	21, 25 ou 31	16	5,5 a 9	0,50	Apical	Duas listas amarelas

Tabela 1: Tabela descritiva dos parâmetros comprimento, parte ativa, conicidade, diâmetro, função e cor da lista, das limas ProTaper® (adaptado de Ruddle, 2005).

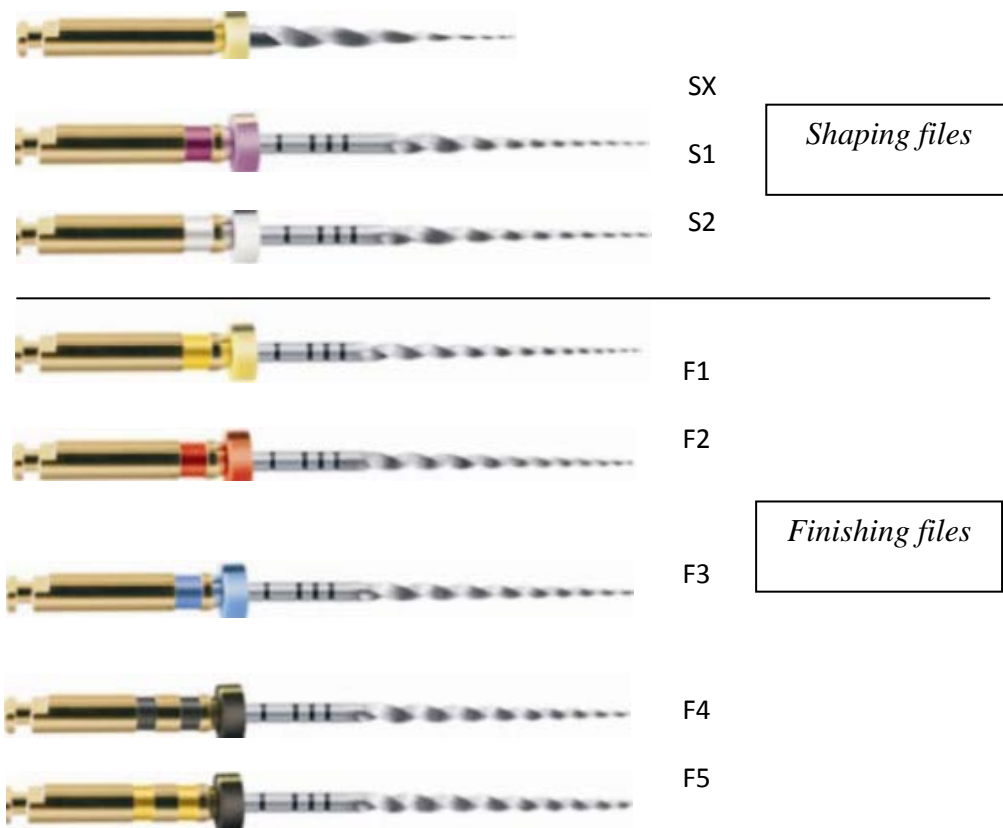


Figura 8: Limas ProTaper® (adaptado de Ruddle, 2005).

V. Irrigação

O sucesso do tratamento endodôntico não cirúrgico depende da eliminação dos microorganismos presentes no sistema de canais radiculares. Deste modo, a instrumentação canal e a utilização de irrigantes são de grande importância na remoção de tecido pulpar necrosado e microorganismos. A instrumentação ao preparar os canais radiculares promove a atuação dos irrigantes (Castellucci, 2005).

Diversos estudos de *microcomputed tomography scanning* (MCT), demonstram que existem locais dos canais radiculares que não são instrumentados, devido à sua morfologia, realçando deste modo a importância da irrigação (Haapasalo *et al.*, 2010).

A dissolução de matéria orgânica (hipoclorito de sódio) e de matéria inorgânica (EDTA-*ethylene diamine tetraacetic acid*) é feita pelas soluções irrigadoras. Algumas soluções irrigadoras apresentam actividade específica para determinadas especificações (Lottani *et al.*, 2009).

As características ideais que uma solução irrigadora deve ter são descritas no seguinte quadro.

Caraterísticas ideais de uma solução irrigadora

- Ação de limpeza (remoção de detritos)
- Redução da fricção das limas durante a preparação canalar (ação lubrificante)
- Facilitar a remoção de dentina (ação lubrificante)
- Dissolução de tecido inorgânico
- Dissolução de matéria orgânica (tecido pulpar, colagénio e o biofilme)
- Penetracção nos canais radiculares acessórios do dente
- Eliminação de CFU (*colonia formation unite*)
- Não irritante ou lesivo para os tecidos periapicais (sem efeito caustico ou efeito citotóxico)

A completa desinfeção do canal radicular requiere a utilização de soluções irrigadoras, visto as limas endodônticas não conseguirem remover todos os detritos e microorganismos existentes nos canais radiculares, durante a instrumentação (Lottani *et al.*, 2009).

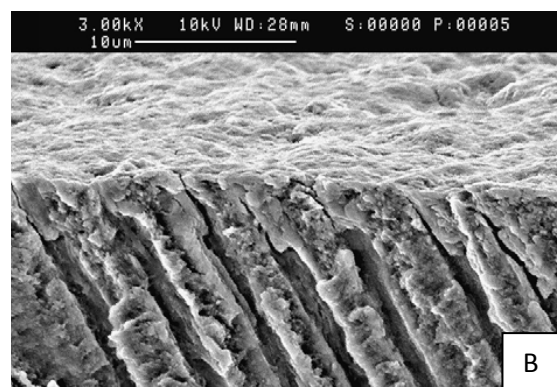
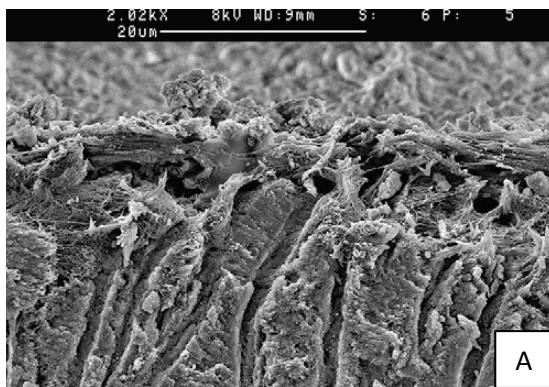


Figura 9: **A.** Imagem de *scanning electron microscopy* da superfície dentinária radicular onde é possível identificar a presença de detritos em canal radicular não instrumentado. **B.** Imagem de *scanning electron microscopy* de corte da superfície dentinária radicular onde é possível identificar a presença de *smear layer* originada pela instrumentação canal, assim como a presença de *smear plugs* nos túbulos dentinários. As soluções irrigadoras são de grande importância na remoção de detritos existentes nos túbulos dentinários que a lima endodôntica não consegue instrumentar (adaptado de Haapasalo *et al.*, 2010).

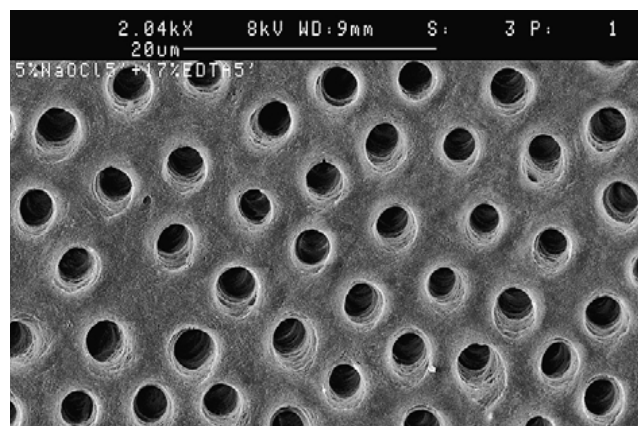


Figura 10: Imagem de *scanning electron microscopy* de corte da superfície dentinária de canal radicular instrumentado e irrigado com hipoclorito de sódio e EDTA (adaptado de Haapasalo *et al.*, 2010).

Não há uma solução irrigadora que contenha todas as características ideais, sendo assim de grande importância conhecer as características individuais de cada irrigante para deste modo saber qual a conjugação ideal a utilizar no tratamento de canais radiculares (Di Lenarda *et al.*, 2000; Metzger *et al.*, 2010a; Hof *et al.*, 2010; Haapasalo *et al.*, 2010).

Segundo Haapasalo *et al.* (2010) a irrigação ideal baseia-se na conjugação de duas ou mais soluções irrigadora, numa sequência específica, de modo a obter resultados preditíveis e obter assim uma irrigação segura e efetiva.

Para Di Lenarda *et al.* (2000) avaliaram a capacidade de remoção da *smear layer* pelas soluções de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 5%, EDTA a 15% alternado com NaOCl a 5% e ácido cítrico a 1 mol alternado com NaOCl a 5%. Segundo este estudo, a

conjugação de EDTA 15% e ácido cítrico a 1 mL apresenta uma maior remoção da *smear layer*.

O NaOCl) é um dos irrigantes mais usados no tratamento endodôntico não cirúrgico. (Haapasalo *et al.*, 2010). Apresenta ação antimicrobiana, eliminando a maioria das bactérias por contacto direto. Tem a propriedade de desnaturar a albumina, o que as torna desta forma solúveis em água, facilitando a remoção de tecido orgânico presente nas paredes dos canais radiculares. Este dissolve tecido pulpar e colagénio, sendo a única solução irrigadora que dissolve tecido pulpar vital e tecido pulpar necrosado. Apesar do NaOCl eliminar a matéria orgânica da *smear layer*, este não consegue dissolver a matéria inorgânica da *smear layer*, sendo necessária a irrigação com EDTA ou ácido cítrico para a dissolver (Brait, 1980; Bystro *et al.*, 1985; Di Lenarda *et al.*, 2000; Estrela *et al.*, 2002; Haapasalo *et al.*, 2010).

O sistema de instrumentação SAF[®] e ProTaper[®] apresentam irrigações diferentes. O sistema de instrumentação SAF[®] apresenta um sistema de irrigação próprio, chamado VATEA[®] permite uma irrigação contínua e simultânea dos canais radiculares com a sua instrumentação. O sistema ProTaper[®] não apresenta um sistema de irrigação próprio. A irrigação é efetuada com seringas e agulhas para irrigação ou com outros dispositivos de irrigação de canais radiculares, de forma alternada com a instrumentação.

1. SAF[®]

As limas SAF[®] apresentam irrigação contínua e simultânea, facto que as distingue dos restantes sistemas de instrumentação mecanizada. A vibração de 3000 a 5000 vibrações conjugado com a irrigação contínua promove a limpeza canal, facto que é uma grande vantagem destas limas. Os irrigantes são armazenados no sistema de irrigação VATEA[®]. Este sistema tem a capacidade de armazenamento de 500 ml, disponibilizando os irrigantes para o interior da lima através do tubo de plástico que o liga ao interior da lima. Deste modo, cada irrigante é armazenado separadamente, isto é, o hipoclorito de sódio a 3% é armazenado num VATEA[®] e o EDTA a 17% é armazenado noutro sistema VATEA[®], cada um com o seu tubo de plástico que o liga à lima. No primeiro minuto de cada ciclo é utilizado o NaOCl a 3% e durante o segundo

minuto é utilizado o EDTA a 17%. São utilizados 5 ml/min em cada, fazendo o total de 10 ml/min de cada solução irrigadora (Metzger *et al.*, 2010a; Solomonov, 2011).

Para fazer a comparação da irrigação contínua com vibração com a da irrigação alternada, Metzger *et al.* (2010a) realizaram um estudo clínico em tarugos. Para visualizar o grau de limpeza dos canais radiculares com as limas SAF®, foi colocado corante nos tarugos. Deste modo, verificou-se maior limpeza canalar no tarugo em que foi utilizada irrigação contínua e simultânea do sistema de irrigação SAF®, demonstrada por menor quantidade de corante no canal radicular. No tarugo em que foi utilizada irrigação alternada, verificou-se menor limpeza canalar, visto o tarugo apresentar grande quantidade de corante (Metzger *et al.*, 2010a).

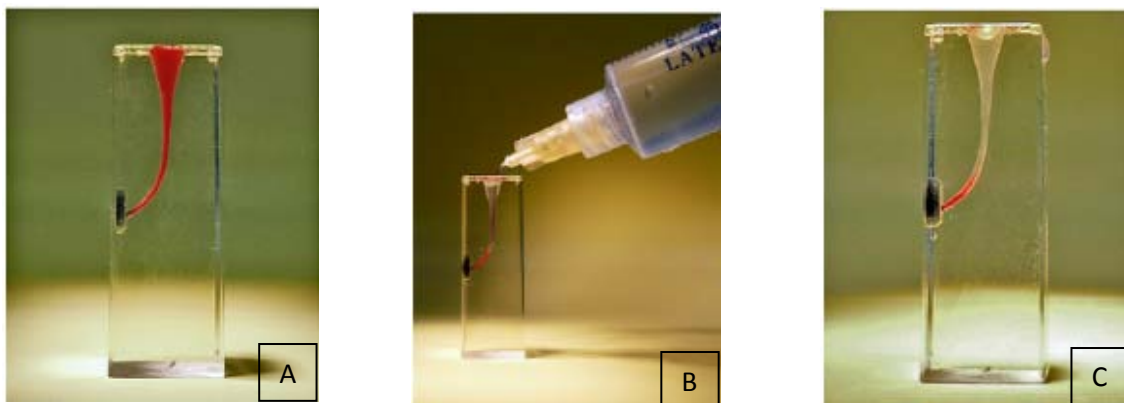


Figura 11: Imagem de vários tarugos. **A.** Tarugo com corante no seu interior, que simula ao conteúdo canalar. **B.** Tarugo instrumentado com lima SAF® e onde foi utilizada irrigação manual, com seringa e agulha com saída lateral. **C.** Visualização de corante na zona apical, que não foi removido durante a preparação canalar (adaptado de Metzger *et al.*, 2010a).

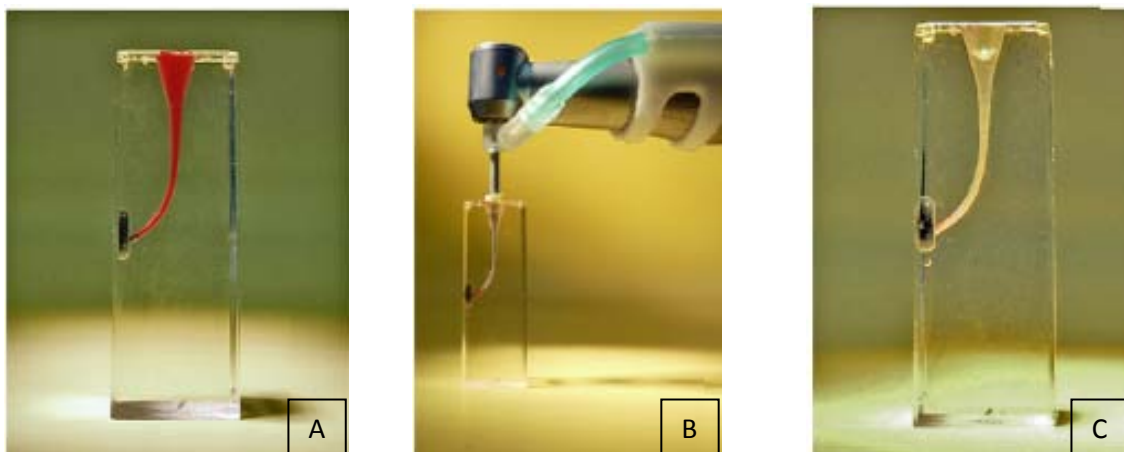


Figura 12: Imagem de vários tarugos. **A.** Tarugo com corante no seu interior, que simula ao conteúdo canalar. **B.** Tarugo que foi instrumentado com lima SAF[®] e irrigação contínua e simultânea com o sistema VATEA[®]. **C.** Tarugo onde é possível visualizar a limpeza do terço apical, demonstrada pela não existência de corante, após a preparação canalar (adaptado de Metzger *et al.*, 2010a).

No estudo de Metzger *et al.* (2010a) é possível verificar a importância da vibração em conjugação com a irrigação, conseguida através da instrumentação com limas SAF[®] e irrigação com sistema VATEA[®]. É possível visualizar a diferença que existe nos tarugos que foram instrumentados com irrigação manual e alternada (Figura 11C.) e instrumentação com irrigação contínua e simultânea com o sistema de irrigação VATEA[®] (Figura 12C.) onde é possível visualizar a limpeza canalar existente. Na figura 11C. é possível verificar que os cinco milímetros apicais não foram desinfetados pelos irrigantes (Metzger *et al.*, 2010a; Hof *et al.*, 2010).

Hof *et al.* (2010), analisaram as características mecânicas das limas SAF[®], verificando a ocorrência de extrusão apical de soluções irrigadoras de canais radiculares, instrumentados com este sistema de instrumentação que apresenta irrigação contínua e simultânea com movimento da lima de “*up and down*”. Assim sendo, analisaram dois grupos de canais radiculares, instrumentados com limas K25 a 1 mm do comprimento de trabalho. Os forâmenes apicais foram abertos de forma intencional com limas K20. Os canais radiculares foram instrumentados com limas SAF[®] com irrigação contínua e simultânea (5 ml/ min); e irrigados com seringa e agulha, que se apresentava a 5 mm do forâmen apical. Os autores concluíram que no grupo das limas SAF[®] não se verificou extrusão de soluções irrigadoras no forâmen apical, enquanto que no grupo em que se irrigou com seringa e agulha houve extrusão de irrigantes.

Segundo os estudos realizados, para se verificar uma extrusão de soluções irrigadoras num canal radicular com 350 micras é necessário a existência de uma pressão no interior do canal radicular de 832 Pascal (Pa). Para Metzger e Hof (2010), durante a instrumentação de canais radiculares com o sistema SAF[®] ocorrem três tipos de pressões no terço apical do canal radicular que evitam o extravasamento de soluções irrigadoras do forâmen apical. Estas pressões existentes no terço apical são: pressão

hidrostática representada pela coluna de fluído criada no interior do canal radicular; *stagnating pressure* gerada pela vibração das limas SAF®; e *piston pressure* que resulta do movimento “*up and down*” realizado pelo sistema SAF®. Deste modo, as três pressões criam uma pressão negativa no fluído no sentido ascendente, o que evita deste modo o extravasamento dos irrigantes. A soma das três pressões existentes no interior do canal radicular é 394 Pa (Metzger *et al.*, 2010a; Hof *et al.*, 2010).

Num estudo de Siqueira *et al.* (2010), foram selecionados 44 dentes monocanales, incisivos mandibulares e segundos pré-molares superiores, com o objetivo de comparar a desinfecção e eliminação de bactérias *Enterococcus faecalis* em canais ovais, com o sistema de instrumentação mecanizado SAF® e outro sistema de NiTi, BioRaCe®. Cada grupo é constituído por 20 dentes. O grupo I foi instrumentado com o sistema BioRaCe® 40/04 e irrigação com e com seringa e agulha *NaviTip*; o grupo II foi instrumentado com o sistema SAF® e a irrigação contínua e simultânea com sistema VATEA®. Foram utilizados, tanto no grupo I como II, NaOCl e EDTA como soluções irrigadoras. O estudo referido foi dividido em duas fases: a primeira fase em que depois dos dentes terem estado 30 dias incubados com *Enterococcus faecalis* a 37° C, são avaliadas as CFU presentes antes da preparação químico mecânica; e a segunda fase em que são avaliados nos dois grupos (grupo I e grupo II) as CFU presentes depois da preparação químico mecânica.

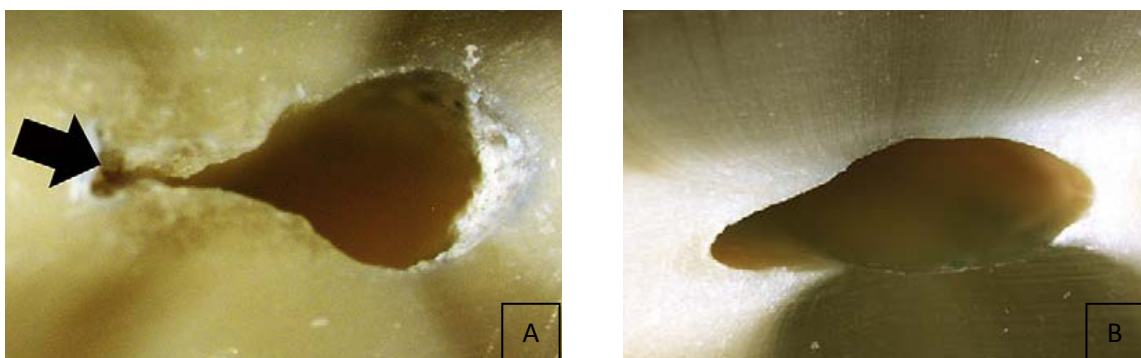


Figura 13: **A.** Secção a 5 mm do ápice radicular. É possível visualizar a zona não instrumentada pelas limas de níquel titânio, pertencentes ao grupo I. **B.** Secção a 5 mm do ápice radicular, instrumentado pelo sistema SAF®, evidenciando uma preparação canalar uniforme (adaptado de Siqueira *et al.*, 2010).

Siqueira *et al.* (2010) concluíram que ambos os grupos apresentaram uma redução efetiva da população bacteriana de *Enterococcus faecalis*. A instrumentação com limas SAF® e irrigação com o sistema VATEA® apresentou cerca de 80% da área do canal radicular sem população bacteriana de *Enterococcus faecalis*, enquanto a instrumentação com outro sistema de endodontia mecanizada e irrigação com seringa e agulha apresentou apenas cerca de 45%.

Para Siqueira *et al.* (2010) “ Os irrigantes apresentam maior ação na região apical do canal radicular como resultado da vibração e dos movimentos de *up and down* das limas SAF®... A melhor instrumentação obtida é resultado do melhor acesso dos irrigantes à zona apical, contribuindo para a eliminação dos biofilmes bacterianos”.

2. ProTaper®

O sistema ProTaper® não apresenta irrigação contínua e simultânea, facto que difere do sistema SAF®. A instrumentação dos canais radiculares com limas endodônticas mecanizadas ProTaper® necessitam de uma irrigação manual alternada, que pode ser conjugada com sistemas que vão potenciar a eficácia da irrigação (vibração). A irrigação manual alternada consiste na irrigação dos canais radiculares alternadamente com a instrumentação com limas endodônticas. Os irrigantes que são utilizados são o NaOCl ou digluconato de clorohexidina para a remoção dos restos orgânicos e o EDTA ou o ácido cítrico para a remoção de restos inorgânicos (Castellucci, 2005).

A irrigação dos canais radiculares consiste na utilização de dispositivos como seringas com os irrigantes e agulhas com saída lateral que são utilizadas no interior dos canais radiculares. As agulhas não devem ficar encravadas no interior do canal radicular, apresentam movimento de vai-vém para deste modo existir turbulência que promove uma mais efetiva limpeza canal (Haapasalo *et al.*, 2010).

2.1. Seringas

Para a irrigação dos canais radiculares podem ser utilizadas diversos tipos de seringas de 1 mL a 20 mL (Figura 14). As seringas com maior capacidade apresentam como

vantagem o facto de ocorrer menos perda de tempo no seu re- abastecimento, contudo o controlo da pressão que se realiza no êmbolo é menor, o que leva a maior risco de acidente. Deste modo, as seringas mais aconselhadas para utilizar são as que possuem 1 mL a 5 mL, pois existe um maior controlo da pressão que se realiza no êmbolo. Devido às interações existentes entre determinados irrigantes (NaOCl e clorohexidina) devem ser utilizadas seringas individuais para cada solução irrigadora (Haapasalo *et al.*, 2010).



Figura 14: Seringas de irrigação, com 20 mL, 10 mL, 5 mL e 2 mL (adaptado de Haapasalo *et al.*, 2010).

2.2. Agulhas

As agulhas utilizadas na irrigação dos canais radiculares podem ser de vários calibres (*gauge*). Os calibres podem ser 25 G (*gauge*), 27 G, 30 G e 31 G. Os calibres 27 G e 30 G são os mais recomendados. Existem no mercado agulhas com diversos *designs*, de modo a que a irrigação seja por um lado mais segura (evitar o extravasamento de irrigante que pode causar uma reação periapical) e por outro lado torná-la mais eficaz (maior remoção de detritos e *smear layer*) (Figura 15) (Haapasalo *et al.*, 2010).

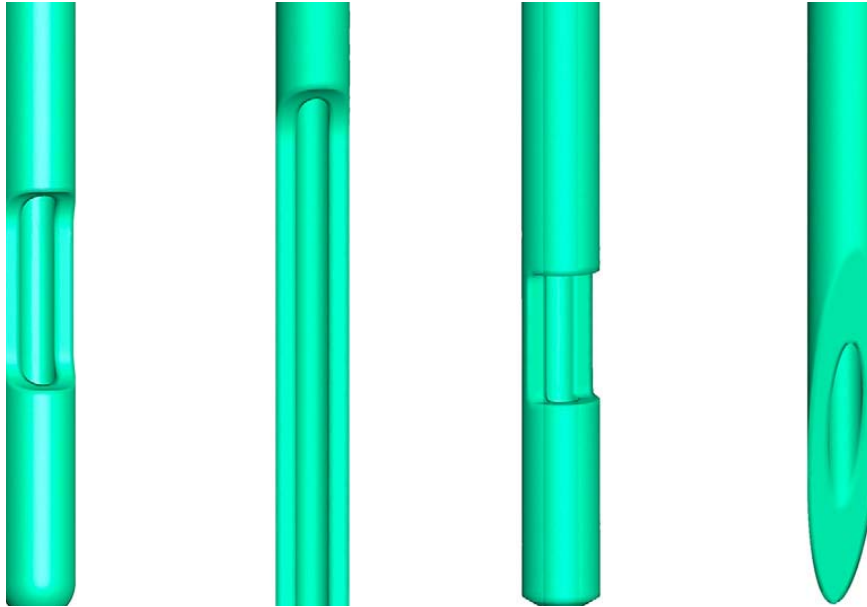


Figura 15: Imagem de quatro tipos de *designs* de agulhas para a irrigação no TENC. Os designs das quatro agulhas apresentam a mesma característica: tem saída lateral da solução irrigadora, facto que minimiza o risco de extravasamento de irrigante (adaptado de Haapasalo *et al.*, 2010).

Segundo Haapasalo *et al.* (2010) é necessário uma melhor compreensão da dinâmica de fluídos assim como é necessário o desenvolvimento de novas agulhas de irrigação. Diversos estudos de *computed fluid dynamics* (CFD) ajudam a perceber como é que o fluído da solução irrigadora atua no canal radicular. O CFD avalia remoção dos detritos das paredes do canal radicular, a velocidade de distribuição dos fluidos no canal radicular (solução irrigadora) e a pressão do fluído nas paredes do canal radicular.

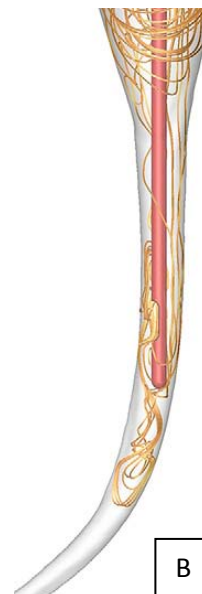


Figura 16: **A.** Imagem demonstrativa (CFD) da movimentação das partículas no interior dos canais radiculares, durante a irrigação com agulha de saída lateral. **B.** Imagem demonstrativa da turbulência criada no interior do canal radicular com a utilização de agulha de saída lateral (CFD) (adaptado de Haapasalo *et al.*, 2010).

A velocidade da solução irrigadora no interior da agulha de irrigação (Figura 17) é fator de grande importância na distribuição do irrigante para todas as partes do canal radicular. Tem também grande importância na turbulência criada dentro do canal radicular, o que promove uma limpeza canalar (Boutsioukis *et al.*, 2007).

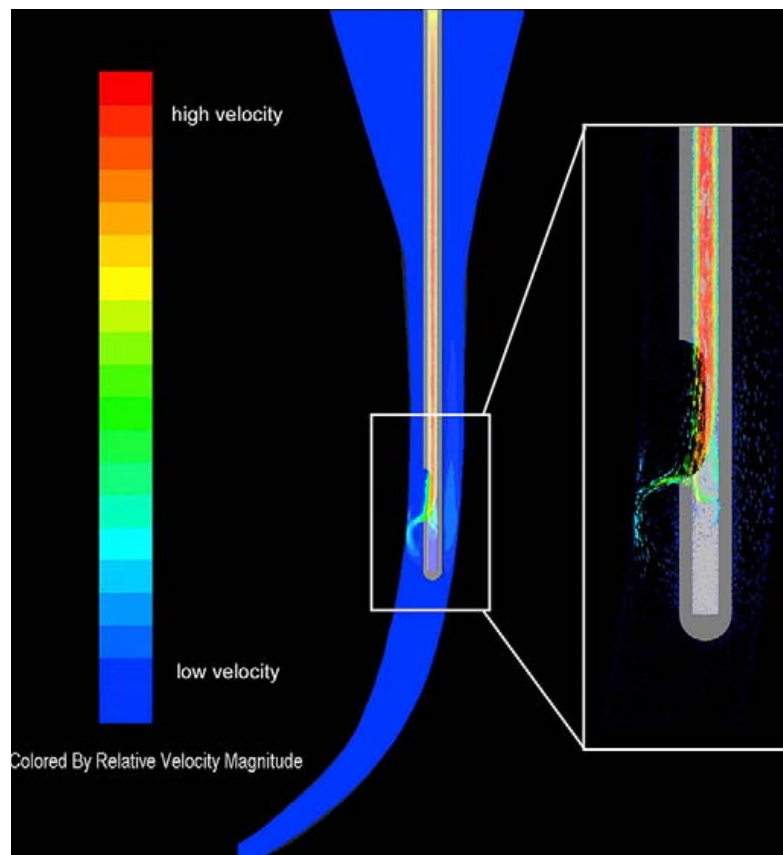


Figura 17: A imagem de CFD, permite a visualização da velocidade da solução irrigadora no interior da lima com saída lateral, normalmente utilizada na irrigação de canais radiculares. É, deste modo, possível visualizar a alta velocidade existente no interior da agulha de irrigação, assim como a alta e média velocidade existente na saída da solução irrigadora, facto de grande importância na eficácia da desinfeção canalar (adaptado de Haapasalo *et al.*, 2010).

2.3. Sistemas de potenciação da irrigação

Existem diversos dispositivos que permitem potenciar a eficácia da irrigação, como a existência de vibração durante a irrigação no TENC. Deste modo, existem no mercado sistemas que o permitem, como o EndoVac® (cânula macro e micro), EndoActivator®, CanalBrush® e agulha com irrigação ultra-sónica.

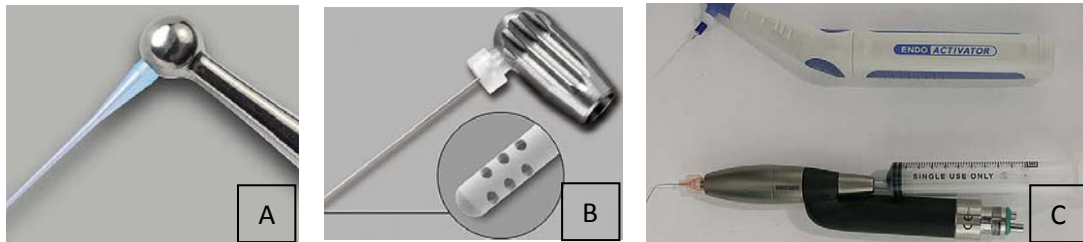


Figura 18: A. Cânula macro do sistema de irrigação EndoVac®. B. Cânula micro do sistema de irrigação EndoVac®. C. Sistema EndoActivator® (adaptado de Desai e Himel, 2009).

Townsend *et al.* (2009) fizeram um estudo *in vitro* com o objetivo de comparar a eficácia de novas técnicas de irrigação e a agitação em canais curvos (tarugos) instrumentados com calibre apical 35. Deste modo, foi inoculado *Enterococcus faecallis* no interior dos tarugos, sendo utilizado posteriormente corante violeta para verificar a quantidade de *Enterococcus faecallis* remanescente. Foram comparados os sistemas de irrigação: agulha de irrigação (controlo); EndoVac®; EndoActivator®; F-File®; e *sonic irrigation*® (Townsend *et al.*, 2009).

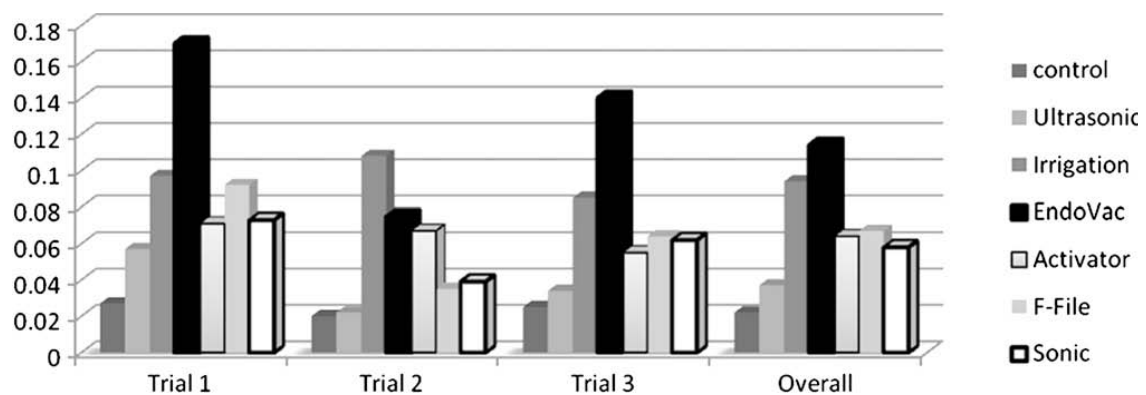


Gráfico 1: Gráfico dos resultados obtidos. Remanescente de *Enterococcus faecallis* após a utilização dos sistemas de irrigação estudados (adaptado de Townsend *et al.*, 2009).

Os resultados demonstram que os sistemas EndoActivator®, F-File® e *sonic agitation*® apresentam a mesma capacidade de remoção de microorganismos. A agitação ultrasónica é mais eficaz na remoção de bactérias do que a agulha de irrigação assim como o sistema EndoVac® (Gráfico 1) (Townsend *et al.*, 2009).

Num estudo de Salman *et al.* (2010) avaliaram a eficácia do sistema CanalBrush® na limpeza do canal radicular comparando com procedimentos sem vibração em simultâneo. Para isso, foram instrumentados 50 raízes com as limas ProTaper® Universal até à lima F3 e a parte apical foi preparada com sistema ProFile®, com e sem utilização do sistema CanalBrush®. Os autores concluíram que 30 segundos de utilização do sistema CanalBrush®, durante a irrigação com EDTA melhora a limpeza do canal radicular em todos os terços canulares, principalmente no terço apical.

VI. Transporte apical

A instrumentação canalar é uma fase de grande importância no tratamento endodôntico não cirúrgico. Deste modo, a curvatura do canal radicular pode dificultar quer a instrumentação quer a desinfeção canalar (Peters, 2004; Castellucci, 2005).

Os objetivos da instrumentação canalar são produzir um canal radicular com conicidade, respeitar a anatomia intracanal e o forâmen apical, não o alargando em demasia. (Park, 2001; Castellucci, 2005).

Para Weine *et al.* (1975), a instrumentação de canais curvos pode produzir alterações na morfologia inicial existente no canal radicular, tais como: a formação de degraus, perfurações, falsos trajetos, "zips" apicais e transporte dos canais radiculares.

Segundo Hata *et al.* (2002), num estudo para verificar a ocorrência de transporte apical durante a instrumentação de canais radiculares verificou que o transporte apical é mais frequente nos milímetros (no terço) apical, na direção externa da curvatura.

Quando o canal radicular apresenta uma curvatura acentuada, os instrumentos de instrumentação canalar devem ser escolhidos tendo em conta diversas características das

limas, como a sua flexibilidade, número de utilizações e a resistência à fratura que a lima apresenta (Castellucci, 2005).

Diversas técnicas e sistemas de instrumentação canalar tem sido desenvolvidos para ultrapassar a dificuldade de se respeitar a anatomia e a curvatura canalar. Os sistemas de instrumentação rotatória de NiTi foram desenvolvidos para respeitar a anatomia e curvatura canalar, pois as suas características especiais foram desenvolvidas com esse objetivo (Gergi *et al.*, 2010).

1. SAF[®]

O sistema de instrumentação SAF[®] apresenta como uma das suas características principais a sua flexibilidade e adaptação à anatomia do canal radicular. Deste modo, a ocorrência de transporte apical é diminuta. Ao contrário dos outros sistemas de instrumentação mecanizada de canais radiculares que preconizam uma conicidade contínua e progressiva dos canais radiculares, as limas SAF[®] preconizam o respeito da morfologia existente, não tendo as limas SAF[®] conicidade (Metzger *et al.*, 2010a).

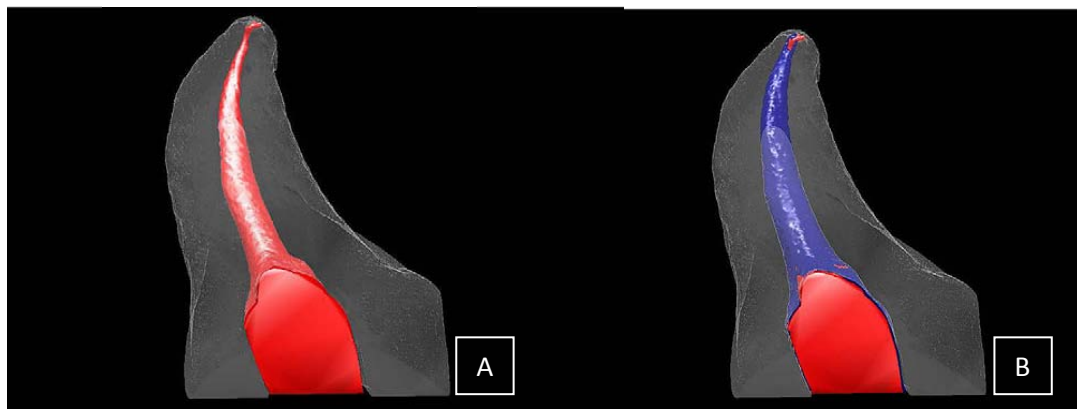


Figura 19: **A.** Imagem de análise de micro CT onde é possível visualizar a anatomia tridimensional existente num canal radicular com curvatura antes da preparação canalar (cor vermelho). **B.** Preparação canalar realizada com o sistema de instrumentação SAF[®] (cor azul), onde é possível visualizar a preservação da anatomia tridimensional existente, não ocorrendo transporte apical (adaptado de Metzger *et al.*, 2010a).

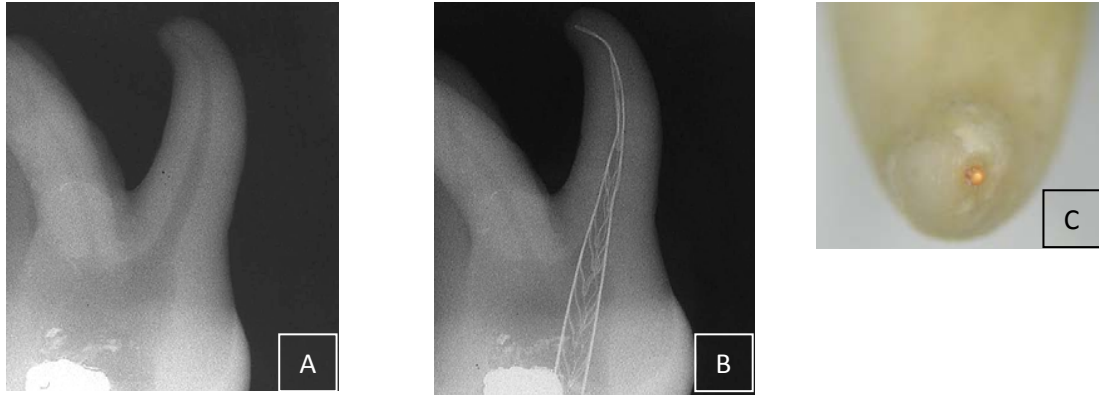


Figura 20: A e B. Radiografia de molar superior, onde é possível visualizar a adaptação da lima SAF® à anatomia tridimensional existente. C. Preservação do forâmen apical (adaptado de Metzger *et al.*, 2010a).

2. ProTaper®

Aguiar *et al.* (2006) compararam a ocorrência de transporte no terço apical de canais radiculares instrumentados com o sistema ProTaper® e com instrumentação manual. Os autores fizeram a comparação através da sobreposição radiográfica, onde verificaram que o sistema de instrumentação ProTaper® mostrou-se mais eficaz na preservação da anatomia original do canal radicular em relação à instrumentação com limas de níquel titânio manuais.

Segundo Aguiar e Câmara (2008), num estudo realizado em radiografias periapicais de TENC realizados com limas ProTaper®, a instrumentação com sistema ProTaper® apresenta transporte apical em 25% dos casos.

Yoshimine *et al.* (2005) referem que as limas ProTaper® originam maior formação de degraus e “zips”, devido às limas *finishing files* apresentarem uma maior conicidade e deste modo apresentarem menor flexibilidade, facto que leva à não preservação das curvaturas canulares.

O sistema de instrumentação mecanizada ProTaper® tem, segundo diversos autores, como principal característica dos instrumentos terem uma ponta ativa com conicidade progressiva, o que lhes confere maior capacidade de corte assim como maior

probabilidade de transporte apical. (Bergmans *et al.*, 2003; Sonntag *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2008).

Num estudo de Javaheri *et al.* (2007) foram comparados diversos sistemas de instrumentação mecanizada de canais radiculares (ProTaper®, Hero® 642 e RaCe®) no que diz respeito à ocorrência de transporte canal e alteração na curvatura do canal radicular. Os autores concluíram que o sistema ProTaper® apresentava maior transporte apical e alteração na anatomia canal, sugerindo assim a sua utilização com sistemas de instrumentação com maior flexibilidade (como o sistema RaCe®) na instrumentação de canais radiculares com curvaturas acentuadas.

VII. Instrumentação de canais radiculares ovais

Os canais radiculares ovais apresentam restos pulpares e microorganismos que não são removidos durante a instrumentação endodôntica. Este facto, é também de grande importância na fase de obturação, pois o canal radicular pode não ser obturado de forma tridimensional, requisito essencial para obter um bom tratamento endodôntico não cirúrgico (Castellucci, 2005).

Os canais radiculares que apresentam uma morfologia oval não são por vezes detetados com o exame radiográfico realizado no decorrer do TENC. Deste modo, pode-se às vezes não se estar a instrumentar toda a área canal, pois a lima não prepara com tanta eficácia as áreas radiculares que apresentam maior concavidade (Metzger *et al.*, 2010a).

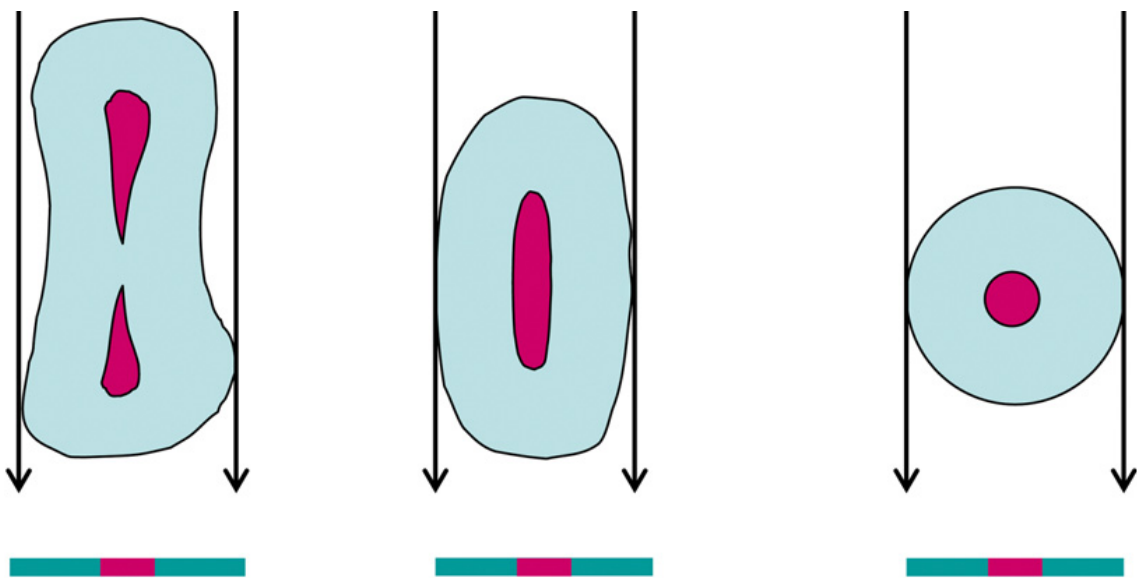


Figura 21: Ilustração esquemática de raio X com projeção vestibular/ lingual de três dentes com morfologias canulares distintas. **A.** Projeção radiográfica de dente bicanal, sendo possível visualizar apenas um canal radicular, sem a informação que este canal apresenta uma morfologia oval. **B.** Projeção radiográfica de dente monocanal que apresenta um canal morfologia oval, sendo visualizado na película radiográfica como canal circular. **C.** Projeção radiográfica de dente monocanal, que apresenta canal circular (adaptado de Metzger *et al.*, 2010a).

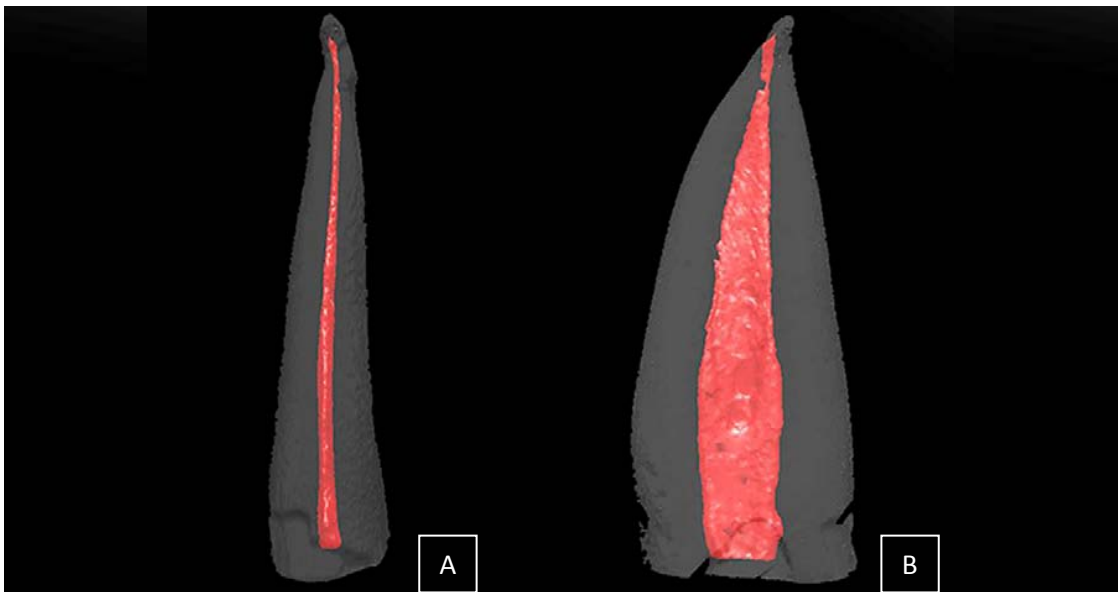


Figura 22: Imagem de micro CT de 2º Pré Molar Superior, onde é possível verificar a anatomia tridimensional do canal radicular. É possível perceber pela vista frontal (**A**) e pela vista lateral (**B**) que o canal apresenta uma morfologia oval (adaptado de Metzger *et al.*, 2010a).

1. SAF®

As limas SAF® diferem das restantes limas dos sistemas de instrumentação mecanizada existentes. Este sistema de instrumentação preconiza a adaptação da lima à anatomia tridimensional do canal radicular existente. Como foi referido anteriormente no “*Design e modo de funcionamento*” das SAF®, as limas são constituídas por uma malha (NiTi), que apresenta a característica de comprimir até ao diâmetro existente quando se encontra

no interior do canal radicular, isto é, adapta-se à morfologia tridimensional existente. Na verdade, esta característica é de grande importância na preparação de canais radiculares ovais, existindo desta forma uma menor percentagem de área canalar não instrumentada (Metzger *et al.*, 2010a; Hof *et al.*, 2010; Metzger *et al.*, 2010b; Peters *et al.*, 2011).

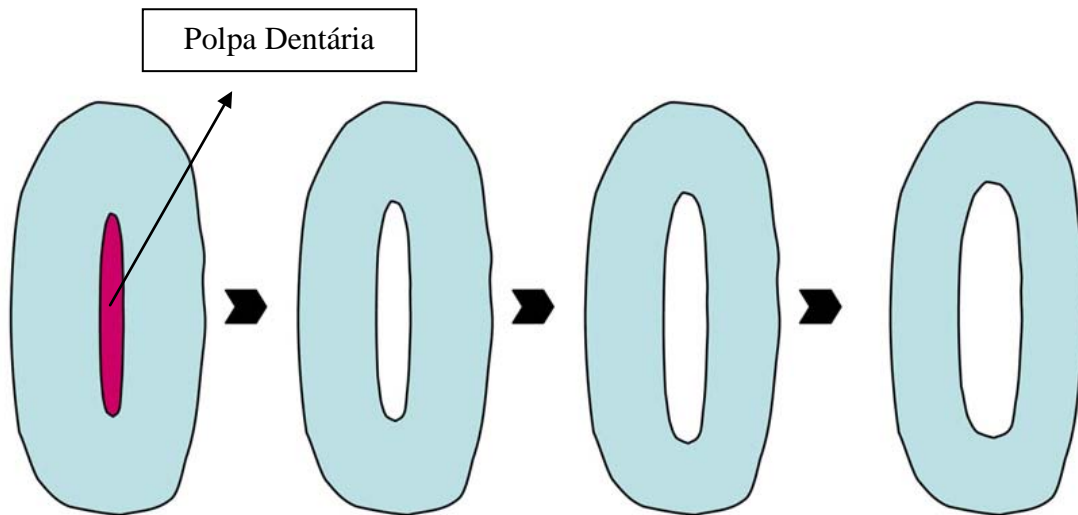


Figura 23: Ilustração da instrumentação realizada pelo sistema SAF® num canal radicular oval, onde é possível visualizar de forma esquemática a instrumentação realizada (adaptado de Metzger *et al.*, 2010a).

Num estudo de De Deus (2011), para comparar a instrumentação de canais ovais com o sistema de instrumentação SAF® e ProTaper®, selecionou dentes extraídos com polpa vital. Foram formados dois grupos, cada um com 12 caninos mandibulares extraídos com polpas vitais. Um grupo foi instrumentado com o sistema SAF® e irrigado com hipoclorito de sódio a 5,25% (sistema VATEA®), enquanto o outro grupo foi instrumentado com o sistema ProTaper® e irrigado com hipoclorito de sódio a 5,25% com seringa e agulha de saída lateral. As raízes de cada grupo foram posteriormente processadas para fazer análise histológica, de modo a avaliar a percentagem de remoção de restos radiculares residuais (De Deus, 2011).

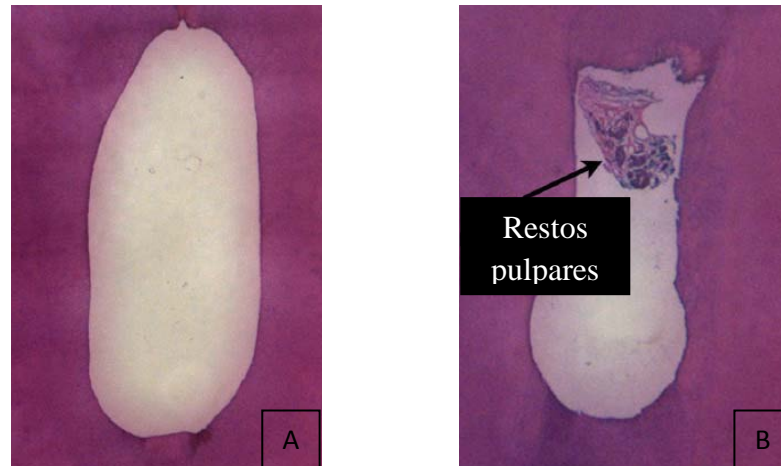


Figura 24: Imagens de análise histológica. **A.** Canal radicular instrumentado com o sistema de instrumentação mecanizada SAF®, que apresenta irrigação contínua e alternada. **B.** Canal radicular instrumentado com o sistema ProTaper® com irrigação com seringa e agulha de saída lateral (adaptado de De Deus, 2011).

O autor concluiu que o sistema ProTaper® apresentou 21,4% (Figura 24B.) de restos radiculares residuais, enquanto o sistema SAF® (Figura 24A.) apresentou apenas 9,3% de restos radiculares residuais ($p < 0,05$) (De Deus, 2011).

2. ProTaper®

Segundo ElAyouti *et al.* (2008) os canais radiculares ovais apresentam áreas não instrumentadas que podem comprometer o TENC. Deste modo, os autores compararam a preparação de canais radiculares ovais, com os sistemas de instrumentação MTwo® e ProTaper® com limas manuais de NiTi. Os autores verificaram que nenhum dos sistemas comparados apresenta uma preparação de toda a área canalar.

Num estudo de Paqué *et al.* (2010) compararam a instrumentação de 80 canais radiculares distais de molares inferiores, com diferentes métodos de instrumentação: limas H com movimentos circunferenciais; limas ProTaper® F4 e limas ProTaper® F4 com movimentos circunferenciais. Estes movimentos são realizados com o objetivo de aumentar a área de canal radicular instrumentado. Foram realizadas análise de *micro-CT*, para deste modo, comparar as paredes canalares antes e após a instrumentação canalar.

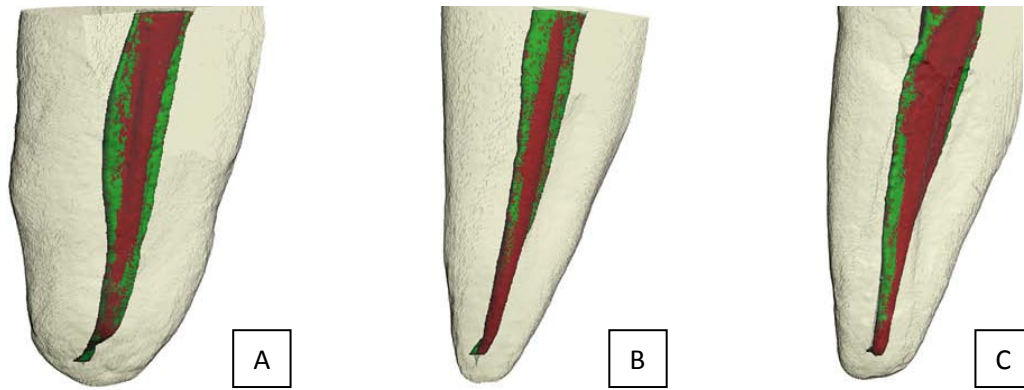


Figura 25: Imagens de *micro CT*, a verde indica as paredes do canal radicular pré instrumentadas e a vermelho indica as paredes instrumentadas. **A.** Instrumentação com limas H e movimentos circunferenciais. **B.** Instrumentação com limas ProTaper® F4. **C.** Instrumentação com limas ProTaper® F4 com movimentos circunferenciais (adaptado de Paqué *et al.*, 2010).

Os resultados demonstraram que a utilização das limas ProTaper® com movimentos circunferenciais foi o grupo que apresentou menor percentagem de área canalar não instrumentada com 65,2% (Figura 25C.). O grupo que utilizou limas H e movimento circunferencial (Figura 25A.) apresentou 74,7% de áreas canulares não instrumentadas, o grupo das limas ProTaper® F4 apresentou 79,9%. Na verdade, a conjugação de movimentos circunferenciais na preparação canalar com limas ProTaper® demonstrou um aumento da percentagem de área canalar instrumentada, comparativamente à utilização das limas F4 sem movimentos circunferenciais ($p < 0,01$) (Paqué *et al.*, 2010).

VIII. Flexibilidade/resistência à fratura

Para perceber o conceito “flexibilidade/ resistência à fratura” das limas endodônticas mecanizadas, é de grande importância conhecer as forças a que uma lima está submetida e como é que a lima se comporta perante essa força (Castellucci, 2005).

Os materiais (como as limas endodônticas) apresentam comportamentos diferentes perante os diversos tipos de forças. Deste modo, como resultado da aplicação de uma força, o objeto pode deformar-se ou se a força for de grande intensidade pode fraturar.

Dentro dos fatores de comportamento dos materiais enquadram-se a natureza da carga a que o material (limas endodônticas) está sujeito e a intensidade da força.

As limas endodônticas, apresentam duas fases de deformação: a fase de deformação reversível (deformação elástica) e a fase de deformação irreversível (deformação plástica). Deste modo, o limite de deformação elástica é o ponto até ao qual a lima tem a capacidade de se deformar e voltar à forma inicial; o limite de deformação plástica é o ponto até ao qual o material apresenta uma deformação irreversível, isto é, apresenta uma deformação permanente, não adquirindo a forma original. Quando a lima ultrapassa o ponto de deformação plástica, esta pode atingir o ponto de fratura, em que ocorre a separação numa zona da parte metálica das limas (Castellucci, 2005).

As limas endodônticas mecanizadas podem sofrer fratura por dois tipos de fadiga: torsional e por fadiga por flexão. Assim sendo, a fratura por torção pode ocorrer quando o limite elástico da liga que a constitui é ultrapassado. A fratura por torção é normalmente acompanhada de deformação plástica da mesma (Schrader *et al.*, 2005).

A prevalência da fratura das limas endodônticas apresentam percentagens diferentes nos artigos científicos. Schäfer *et al.* (2004) fizeram um estudo em que comparavam a instrumentação manual e a instrumentação mecanizada com limas de NiTi. Os autores obtiveram como resultados uma percentagem de fraturas das limas de NiTi mecanizadas na instrumentação de 110 canais radiculares de 1,81%.

Num artigo de Alapati *et al.* (2005), estes analisaram as limas mecanizadas de NiTi, através de SEM. Os autores tiveram uma percentagem de 5,1% de fraturas em 822 limas, numa clínica de pós graduação em Endodontia.

A flexibilidade e a resistência à fratura são de grande importância na utilização de instrumentos endodônticos mecanizados de NiTi. Os sistemas de instrumentação mecanizada podem atingir velocidades de 150 a 500 rpm, que podem levar à fratura das limas endodônticas (Castellucci, 2005; Schrader *et al.*, 2005; Ounsi *et al.*, 2007).

A flexibilidade e resistência à fratura são influenciadas por dois fatores: índice de conicidade e diâmetros nominal do instrumento utilizado. Assim sendo, quanto menor o índice de conicidade e diâmetro nominal que as limas apresentam, maior é a flexibilidade que a lima apresenta; por outro lado, quanto maior é o índice de conicidade e o diâmetro nominal da lima, maior é a resistência à fadiga cíclica (Plotino *et al.*, 2009).

1. SAF[®]

Num estudo de Metzger *et al.* (2010) testou a durabilidade funcional das limas até à falha das mesmas. Para isso, os autores selecionaram 5 lotes (A, B, C, D e E) de 10 limas, sendo utilizadas 50 limas SAF[®]. As limas foram utilizadas num tarugo que simulava o canal radicular, com peça de mão e com movimento de “*up and down*” de 10 mm (Figura 26A.). Deste modo, cada lima SAF[®] foi utilizada durante 1 minuto com irrigação contínua e simultânea, sendo examinada após cada minuto de instrumentação através de lupas com ampliação de 50 vezes, para visualizar a estrutura mecânica da lima.

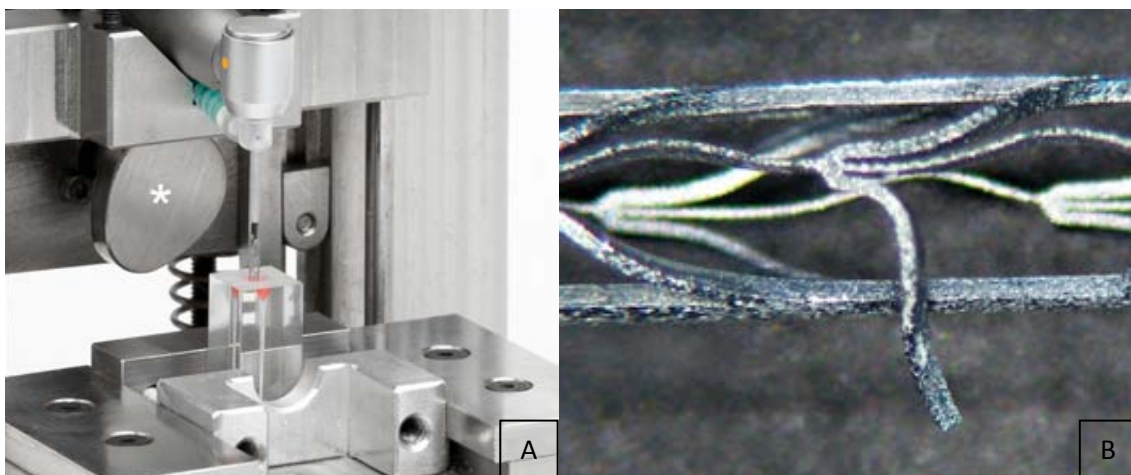


Figura 26: **A.** Imagem do dispositivo de teste da durabilidade das limas SAF[®] até à falha. As limas SAF[®] são utilizadas num tarugo que simula a instrumentação das limas num canal radicular. Cada lima é inspecionada após cada minuto de instrumentação, que ocorre com irrigação contínua e simultânea. **B.** Falha mecânica das limas SAF[®], fratura de um arco lateral (adaptado de Hof *et al.*,2010).

Os autores concluíram que a primeira falha mecânica das limas SAF® por fractura de um arco lateral (Figura 26B.) ocorre por volta dos 29,1 (+-1,2) minutos (mais de 7 ciclos de instrumentação de 4 minutos), não havendo fratura transversal. Para Metzger *et al.* esta falha ocorre por compressão e descompressão repetidas no mesmo local da lima SAF®.

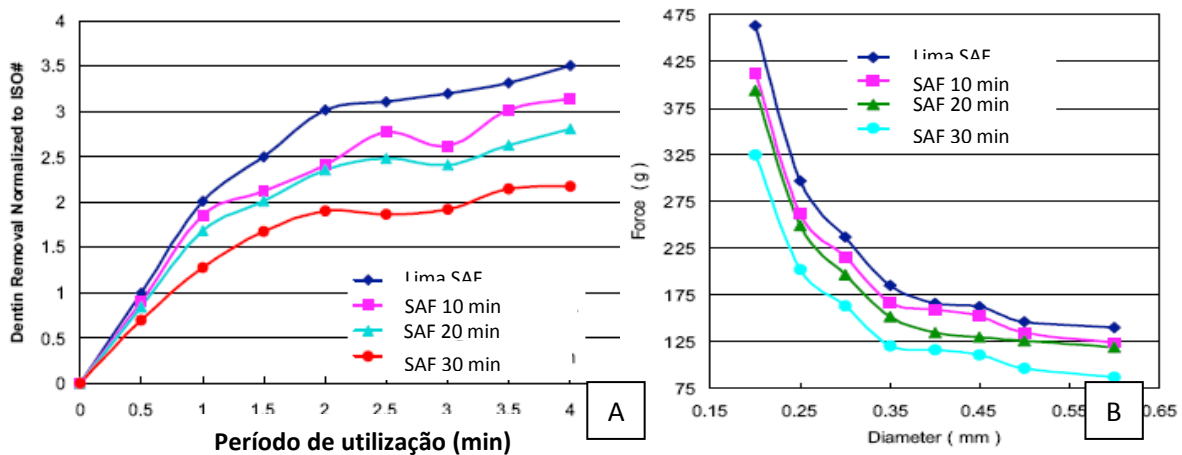


Gráfico 2: A. Comparação da eficácia na remoção de dentina, em limas SAF® novas e em limas que com diversos períodos de tempo de utilização: 10, 20 e 30 minutos. **B.** Comparação da força exercida pela lima nas paredes do canal radicular de acordo o tempo de utilização: 10, 20 e 30 minutos (adaptado de Hof *et al.*, 2010).

É possível verificar no gráfico 2A e B que ocorre uma perda de eficácia na remoção de dentina à medida que a lima tem maior período de utilização. Quanto maior é o tempo de utilização menor é a força circunferencial realizada nas paredes do canal radicular.

2. ProTaper®

Ounsi *et al.* (2007) efetuaram um estudo para avaliar o efeito do uso clínico na resistência à fadiga cíclica das limas ProTaper®, após uso *in vivo* em canais radiculares retos e canais radiculares com curvatura. Foram utilizadas 60 conjuntos de limas ProTaper® de 25 mm, que foram divididas em três grupos: 20 limas para instrumentação de canais estreitos; 20 para instrumentação de canais com curvatura; e 20 limas que servem de controlo. O primeiro grupo foi utilizado duas vezes na instrumentação de canais estreitos de incisivos centrais maxilares e caninos; o segundo grupo foi utilizado

duas vezes na instrumentação de canais com curvatura, canal mesiovestibular de primeiros ou segundos molares superiores; e o terceiro grupo serviu de grupo controlo. A hipótese nula era não haver diferenças na fratura entre instrumentos novos e instrumentos utilizados em canais radiculares retos e com curvatura.

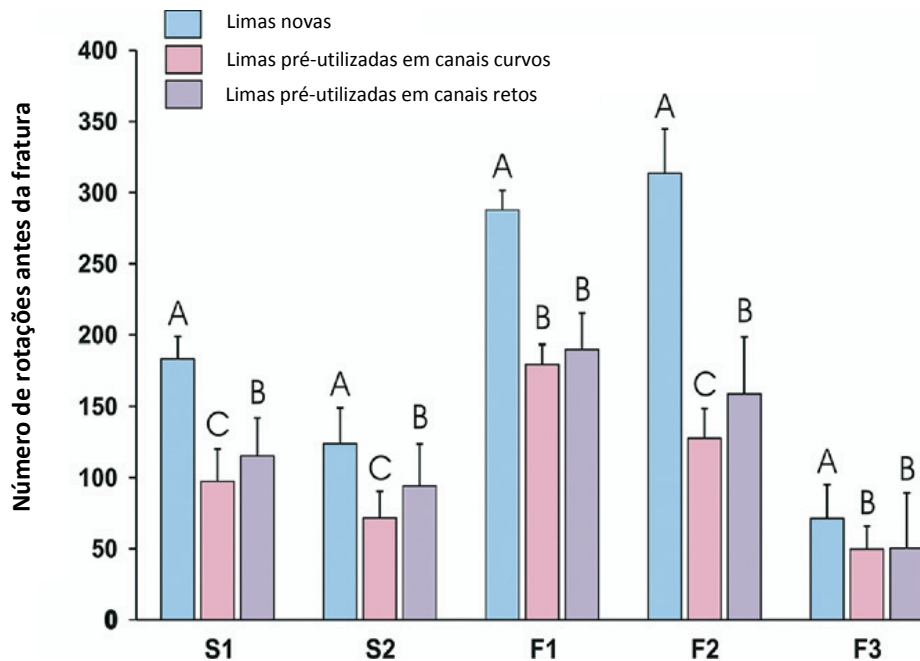


Gráfico 3: Gráfico onde é possível verificar que as limas F2 são as que apresentam um maior número de rotações antes da fratura, em instrumentos novos; e no que diz respeito a instrumentos utilizados em canais curvos e estreitos as limas F1 apresentam maior número de rotações posteriores até ocorrer fratura (adaptado de Ounsi *et al.*, 2007).

Os resultados que Ounsi *et al.* (2007) obtiveram foram que não houve falha das limas durante a instrumentação *in vivo*. Duas limas S1 e uma lima S2 sofreram deformação plástica durante a instrumentação de canais com curvatura. Não existe diferença significativa na falha das limas ProTaper® F1 e F3, quando utilizadas anteriormente em canais retos ou com curvaturas acentuadas. As fraturas que os autores encontraram nestas limas eram entre D10 a D12. Para os autores, a fratura da lima F1 deve-se à abrupta transição de conicidades existente entre as limas S2 e F1. As limas S (SX, S1 e S2) apresentam menor resistência à fadiga cíclica em comparação com *finishing files* (F1 e F2). As limas ProTaper® F3 são as que apresentam menor resistência à fadiga cíclica, devendo ser utilizadas com precaução. A hipótese nula do estudo foi rejeitada, não se verificando diferenças significativas na fratura das limas ProTaper® novas e nas

limas que tinham sido utilizadas na instrumentação de canais radiculares retos e com curvaturas acentuadas (Ounsi *et al.*, 2007).

O uso das limas ProTaper® durante a instrumentação de vários canais radiculares reduz a resistência à fadiga cíclica (Wolcott *et al.*, 2006; Ounsi *et al.*, 2007).

Segundo diversos autores, as limas S1, S2 e F2 apresentam grande resistência à fadiga cíclica na instrumentação de canais radiculares estreitos em relação a canais que apresentam uma curvatura (Schrader *et al.*, 2005; Ounsi *et al.*, 2007).

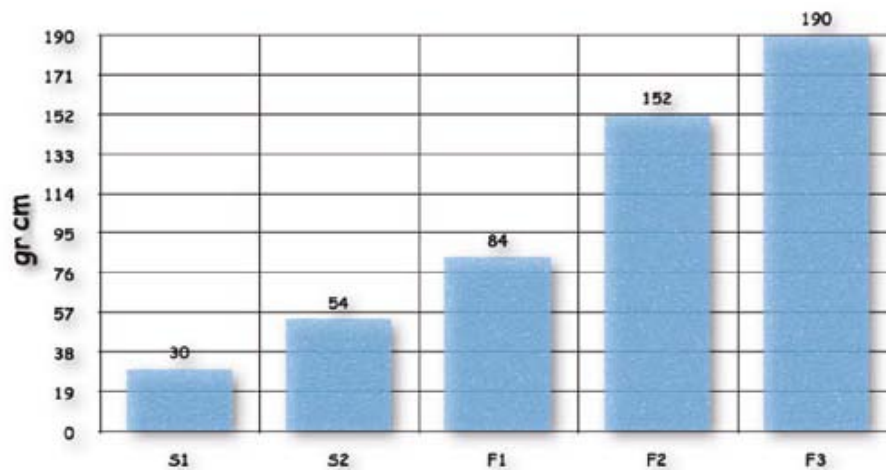


Gráfico 4: Comparação da resistência à torção das limas ProTaper® S1, S2, F1, F2 e F3 (adaptado de Castellucci, 2005).



Gráfico 5: Comparação da resistência à fadiga cíclica das limas ProTaper[®] *finishing files* F1, F2 e F3 (adaptado de Castellucci, 2005).

IX. Remoção de detritos e *smear layer*

A remoção dos detritos e da *smear layer* são de grande importância no sucesso do TENC. Assim sendo, para avaliar a presença de detritos e de *smear layer* é necessário utilizar *Scanning electron microscopy* para deste modo visualizar a existência de detritos e *smear layer*. A presença de detritos é avaliada com uma escala que quantifica os detritos existentes no canal radicular com ampliação 200x. Deste modo, o código 1 indica canal radicular limpo ou com muito pouca quantidade de detritos; o código 2 indica pouca quantidade de aglomeração de detritos; o código 3 indica muita quantidade de detritos, menos de 50% do canal radicular; o código 4 indica mais de 50% da superfície canalar com detritos; e o código 5 indica uma completa ou quase completa presença de detritos no canal radicular. A presença de *smear layer* é também avaliada por uma escala com 5 códigos. Assim sendo, o código 1 indica a não presença de *smear layer*, estando os túbulos dentinários abertos; o código 2 indica pequena quantidade de *smear layer*, apresentado-se alguns túbulos dentinários abertos; o código 3 indica uma presença homogênea de *smear layer* e poucos túbulos dentinários se encontram abertos; o código 4 indica uma completa presença de *smear layer* nas paredes do canal radicular e não se encontra nenhum túbulo dentinário aberto; e o código 5 indica muita quantidade de *smear layer* nas paredes do canal radicular, que se apresenta de forma homogênea (Metzger *et al.*, 2010b; Özer, 2011).

1. SAF[®]

Segundo o estudo de Metzger *et al.* (2010b), o sistema de instrumentação SAF[®] apresenta uma remoção dos detritos muito superior do que outros sistemas de instrumentação mecanizada. Os autores fizeram a instrumentação dos canais radiculares com o sistema SAF[®] e com o sistema de irrigação VATEA[®], com NaOCl a 3% e EDTA a 17%. Na verdade, a remoção de detritos encontrada neste estudo foi de 100% de remoção de detritos nos três terços do canal radicular: terço coronal; terço médio; e terço apical. Os autores consideraram neste artigo que o código 1 e 2 “canal limpo” e os

códigos 3, 4 e 5 “presença de detritos”. Assim sendo, nos canais radiculares onde foi utilizado o sistema SAF[®] com irrigação contínua e simultânea com NaOCl e EDTA, o terço coronal de todos eles (20 canais radiculares) apresentaram código 1, o que indica “100% do canal limpo”. No terço médio, 16/20 apresentaram código 1 e 4/20 apresentaram código 2, o que indica “100% do canal limpo”. No que diz respeito ao terço apical, os autores encontraram código 1 em 14/20 dos canais radiculares e código 2 em 6/20 dos canais, o que indica “100% do canal limpo”.

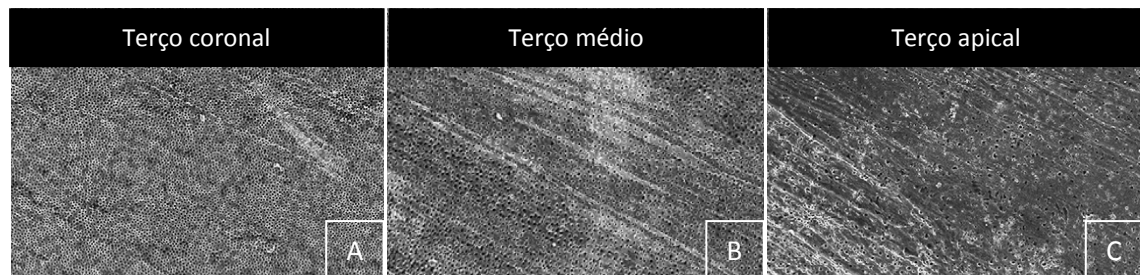


Figura 27: Imagem de *scanning electron microscopy* (200x) do terço coronal (A), médio (B) e apical (C) de canal instrumentado com o sistema SAF[®]. É possível visualizar que todos os terços canulares se apresentam limpos, sem presença de detritos no interior do canal radicular (adaptado de Metzger *et al.*, 2010b).

No que diz respeito à remoção da *smear layer*, os autores obtiveram 100% de remoção no terço coronal, codificados 14/20 com código 1 e 6/20 com código 2. No terço médio, obtiveram 80% de remoção de *smear layer* (10/20 com código 1, 6/20 com código 2 e 3/20 com código 3). Foi obtido o código 4 de *smear layer* em 1 canal radicular. No terço apical, terço cuja limpeza canalar é mais difícil de realizar, obtiveram 65% de remoção da *smear layer*, representado por 3/20 com código 1 e 10/20 com código 2. A *smear layer* presente neste terço foi codificada como 3 em 5/20 e como código 4 em 2/20 canais radiculares.

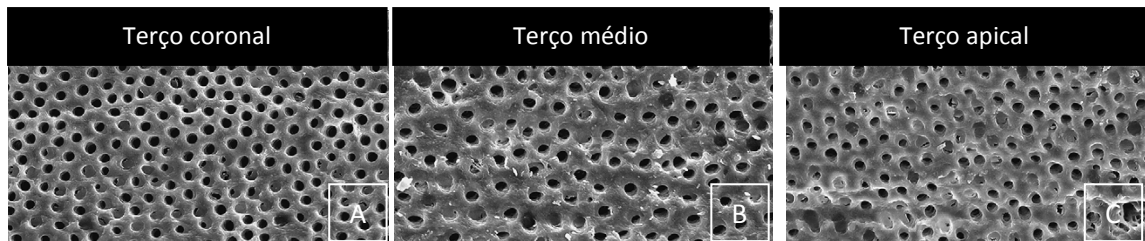


Figura 28: Imagem de *scanning electron microscopy* (1000x) do terço coronal, médio e apical de canal instrumentado com o sistema SAF®. É possível verificar que o terço coronal (A) apresenta-se sem *smear layer*, o terço médio (B) e apical (C) apresentam uma diminuição da *smear layer* nas paredes do canal radicular (adaptado de Metzger *et al.*, 2010b).

2. ProTaper®

Num estudo de Bindo *et al.* (2010) foram utilizados 47 dentes incisivos inferiores com o objetivo de comparar a limpeza canal (remoção de detritos e *smear layer*) em limas com diferentes números de utilizações. Foram comparadas as limas ProTaper®, Hero Shaper® e Flexofile® com 1, 3, e 5 número de utilizações.

Nº uso	ProTaper (G1)	Hero Shaper (G2)	Flexofile (G3)
1º	16,20%	13,49%	18,43%
3º	20,02%	26,79%	23,85%
5º	24,84%	19,43%	27,23%

Tabela 2: Comparação da percentagem de resíduos e *smear layer* remanescentes no interior do canal radicular, com limas com 1, 3 e 5 utilizações (adaptado de Bindo *et al.*, 2010).

Os resultados demonstram que nenhum grupo apresenta uma completa remoção de detritos e *smear layer*. O sistema de instrumentação mecanizado ProTaper® apresentou uma percentagem de 16, 20% de detritos e *smear layer* remanescente no interior do canal radicular, quando instrumentado com uma lima nova, valor que aumenta para 20,02% para a 3ª utilização e 24,84% para a 5ª utilização. As limas pertencentes aos dois grupos restantes também apresentaram um aumento da percentagem de detritos e *smear layer* remanescente (Bindo *et al.*, 2010).

X. Obturação

A fase de obturação dos canais radiculares é de grande importância no TENC, pois depois de todos os procedimentos efetuados anteriormente, como o diagnóstico, abertura da cavidade de acesso, instrumentação e irrigação, a obturação deve cumprir todos os requisitos definidos. Os objetivos da obturação são: eliminação das vias de infiltração, tanto a via da cavidade oral tanto a via dos tecidos periapicais e selamento apical hermético (Ferreira *et al.*, 2006; Martins *et al.*, 2010).

Na verdade, existem diversas técnicas de obturação canalar com guta percha, com a finalidade de se obter um canal radicular selado tridimensionalmente e desta forma evitar a infiltração de microorganismos, que podem comprometer o TENC (Martins *et al.*, 2006).

Segundo Genc *et al.* (2011) a obturação tridimensional do sistema de canais radiculares é fundamental para uma correta obturação e selamento, assegurando deste modo, o sucesso do tratamento endodôntico. A penetração de microorganismos, pela via coronária, apical ou canais acessórios é impedida pelo correto selamento tridimensional obtido pela obturação.

Deste modo, o sistema de instrumentação canalar SAF® e ProTaper® apresentam sistemas de obturação indicados pelo fabricante, isto é, o sistema SAF® indica a obturação do sistema de canais radiculares com a técnica condensação lateral e o sistema ProTaper® com o sistema “cone único”. Apesar de cada sistema de instrumentação mecanizada poder utilizar outras técnicas de obturação para além da indicada, neste trabalho vão apenas ser brevemente descritas as técnicas indicadas para cada técnica de instrumentação.

1. SAF®

Para Metzger *et al.* (2010a), os canais radiculares preparados com o sistema de instrumentação mecanizada SAF® deve ser utilizada obturação com condensação lateral.

A condensação lateral pode ser fria (Grossman, 1981), aquecida (Martin e Fischer, 1990) ou com termocompactor como uma técnica híbrida (Tagger, 1984).

Apesar de ser relatado por Metzger *et al.* (2010a) a obturação de canais radiculares com condensação lateral, torna-se necessário a criação de um sistema próprio de obturação termoplástica, visto este sistema respeitar a anatomia tridimensional do canal. Deste modo, o canal depois de instrumentado apresenta as curvaturas originais, facto que dificulta uma correta obturação tridimensional com técnicas de obturação a frio.

No caso da necessidade de um espigão radicular pré-fabricado torna-se difícil a sua colocação, pois como o sistema de instrumentação mecanizado SAF® respeita a anatomia tridimensional do canal, este não apresenta a conformação adequada para a colocação do mesmo. Torna-se, deste modo, essencial a investigação nesta área para deste modo ultrapassar esta dificuldade.

2. ProTaper®

O sistema de instrumentação mecanizada ProTaper® preconiza a utilização de “cone único” na obturação dos canais radiculares. Na verdade, na obturação com este sistema, o calibre e conicidade do “cone único” selecionado são os mesmos que os da última lima ProTaper® utilizada. Deste modo, existem diferentes técnicas de obturação com “cone único”, como a frio com cone único ProTaper® e a quente a técnica Thermafil® com cones de guta percha ProTaper®.



Figura 29: Cones Thermafil® Obturators de guta percha com diferentes calibres disponíveis (adaptado de Catálogo Dentsply®, 2012).

XI. Retratamento endodôntico não cirúrgico

O retratamento endodôntico não cirúrgico consiste na remoção do material obturador, na re-instrumentação, irrigação e na re-obturação do sistema de canais radiculares realizados anteriormente. São várias as causas que nos podem levar a ter que realizar um retratamento endodôntico. Uma das principais causas é a permanência de bactérias no interior do canal ou nova infiltração de bactérias que levam ao comprometimento do TENC. Para a desobturação de canais radiculares podem ser utilizados instrumentos manuais (limas H) ou instrumentos rotatórios. Atualmente, alguns sistemas de instrumentação mecanizada de canais radiculares apresentam limas para realizar a desobturação, diferentes das utilizadas na preparação dos canais radiculares (Hülsmann e Bluhm, 2004; Farinuk *et al.*, 2011).

1. SAF®

O sistema de instrumentação mecanizada SAF® é um sistema que pode auxiliar na realização de retratamentos endodônticos. Para tal, é utilizada a lima SAF® com diâmetro da ponta 2 mm após a utilização de outros sistemas de instrumentação mecanizada. A utilização do sistema SAF® neste caso, não é para a remoção total do material obturador (guta percha), mas sim para remover o remanescente do material obturador que o sistema de instrumentação mecanizada utilizado anteriormente não remove. Antes da utilização das SAF® o canal é seco com cones de papel, sendo posteriormente utilizadas durante 1 minuto sem irrigação e 3 minutos com NaOCl (Newsletter SAF®, 2011).

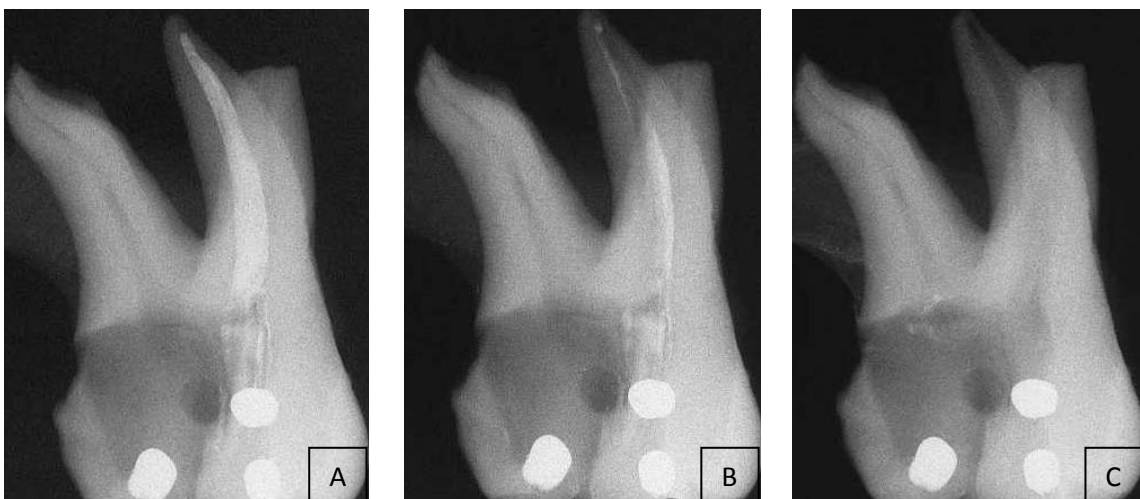


Figura 30: **A.** Radiografia de dente com canal com TENC. **B.** Remoção de material obturador com limas rotatórias. É possível verificar a existência de remanescentes do material obturador, que não foram removidos com as limas rotatórias. **C.** Remoção da guta percha (que as limas rotatórias não removeram) com limas SAF®. O canal radicular apresenta-se limpo (adaptado de Newsletter SAF®, 2011).

2. ProTaper®

O sistema de instrumentação mecanizada ProTaper® Universal System apresenta actualmente 3 limas para a realização de retratamento endodôntico não cirúrgico. A lima ProTaper® D1 é utilizada na desobturação do terço coronal; a lima D2 na desobturação do terço médio; e a lima D3 na desobturação do terço apical (Farinuk *et al.*, 2011). Estas limas são utilizadas em sequência podendo ser também utilizados solventes químicos.

A lima ProTaper® D1 (Figura 31) possui uma lista identificadora (1 anel branco), apresentando um mandril com 11 mm de comprimento e 16 mm de parte ativa. A ponta apresenta um diâmetro ISO 030, tendo a ponta ativa com o objetivo de entrar no material obturador. A maior conicidade que a lima apresenta é 9%.

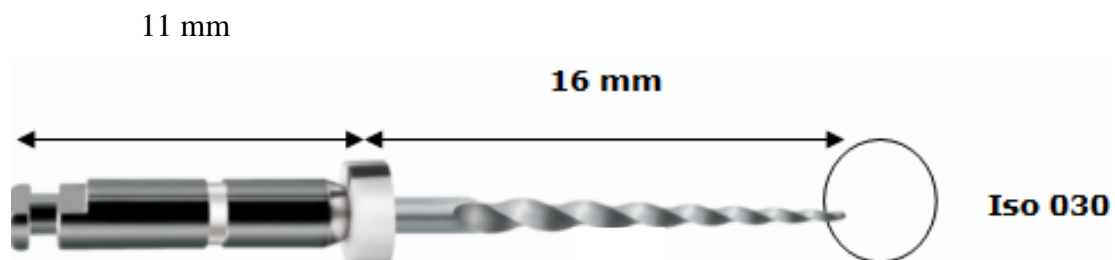


Figura 31: Lima ProTaper® D1 (adaptado de Catálogo Dentsply®, 2012).

A lima ProTaper® D2 (Figura 32) possui duas listas identificadoras (2 anéis brancos), apresentando um mandril com 11 mm de comprimento e 18 mm de parte ativa. A ponta da lima é inativa e arredondada, com o objetivo de respeitar a anatomia tridimensional

do canal radicular. O diâmetro da ponta da lima é ISO 025. A conicidade média da lima é de 8% (Somma *et al.*, 2008).

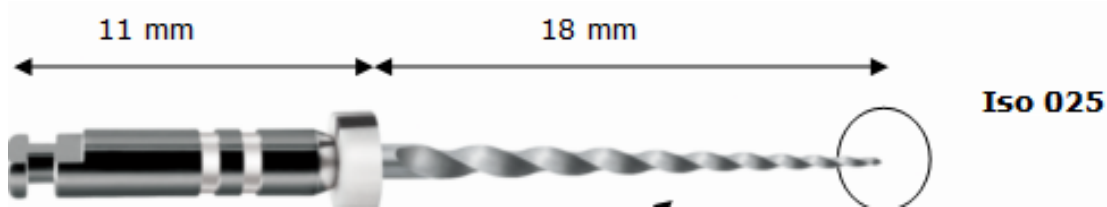


Figura 32: Lima ProTaper® D2 (adaptado de Catálogo Dentsply®, 2012).

A lima ProTaper® D3 (Figura 33) possui três listas identificadoras (3 anéis brancos), apresentando um mandril com 11 mm de comprimento e com 22 mm de parte ativa. A ponta é inativa e arredondada com o objetivo de respeitar a anatomia tridimensional do canal radicular. O diâmetro da lima é ISO 020. A conicidade média desta lima é de 7%, sendo a de menor conicidade que as limas de retratamento endodôntico possuem.

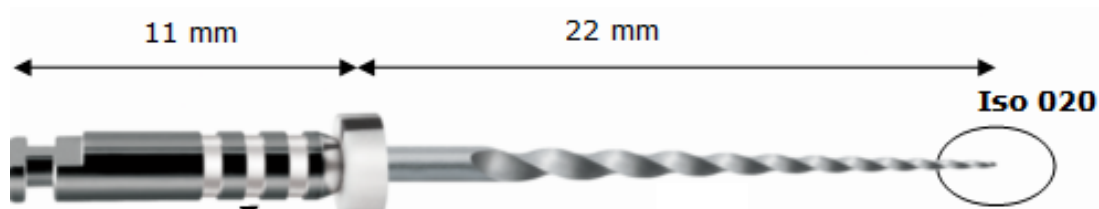


Figura 33: Lima ProTaper® D3 (adaptado de Catálogo Dentsply®, 2012).

Para avaliar a eficácia e limpeza dos canais da desobturação com instrumentos NiTi em dentes com TENC, Hülsmann e Bluhm (2004) analisaram 18 dentes anteriores que foram obturados com guta percha e cimento AH® Plus e pela técnica de condensação lateral. Os instrumentos de NiTi para remoção do material obturador foram: ProTaper®, Flexmaster®, GT® rotatório e limas manuais Hedström. Cada grupo foi utilizado com ou sem o solvente eucaliptol. Foi utilizada a análise estatística *two-way* ANOVA ($p < 0.001$) para avaliar o grau de limpeza canal. Deste modo, os autores concluíram

que não existe diferença estatisticamente significativa entre a utilização/não utilização do solvente eucaliptol em conjunto com os instrumentos rotatórios em estudo. O sistema que apresentou maior eficácia na remoção do material obturador foi o sistema Flexmaster[®], seguido das limas manuais Hedström, ProTaper[®] e GT[®] rotatório.

Em 2006, Schirrmeister *et al.* realizaram um estudo semelhante com o objectivo de avaliar a eficácia de remoção do material obturador com os sistemas ProTaper[®], RaCe[®], Flexmaster[®] e limas manuais Hedström em canais com curvaturas acentuadas. Os resultados do estudo demonstraram que o sistema RaCe[®] foi o mais eficaz na remoção da guta percha. Segundo os autores, as limas *shaping files* do sistema ProTaper[®] não devem ser usadas na desobturação de canais radiculares pois existe risco de fratura.

Somma *et al.* (2008) realizaram um estudo com o objetivo de comparar sistema ProTaper[®] (D1, D2 e D3) com o Mtwo[®] R e limas manuais na desobturação de canais radiculares. De acordo com os resultados, nenhuma das limas apresentou fraturas, bem como uma completa remoção do material obturador. Contudo, os sistemas rotatórios apresentaram menor limpeza canal, apesar de ser um método mais rápido de desobturação da guta percha.

Para Só *et al.* (2008) a utilização de limas manuais com instrumentação rotatória constituiu o melhor método de remoção de material obturador, obtendo desta forma uma correta limpeza canal.

Conclusão

Os sistemas de instrumentação mecanizada SAF[®] e ProTaper[®] representam duas perspetivas de preparação canalar distintas: a primeira preconiza a adaptação da lima à anatomia tridimensional do canal radicular, enquanto a segunda preconiza uma preparação canalar com conicidade múltipla e progressiva.

O sistema SAF[®] é um sistema de instrumentação mecanizada recente, sendo de grande importância a realização de mais estudos, assim como o aperfeiçoamento do conceito, totalmente diferente dos preconizados até ao momento.

O sistema ProTaper[®] apresenta um conceito de instrumentação consolidado, eficaz e com bons resultados. O conceito de instrumentação que preconiza (conicidade múltipla e progressiva) poderá com a evolução de conhecimentos ser substituída e/ou conjugada com outros conceitos de preparação canalar.

A conjugação da irrigação com a vibração são dois procedimentos que tanto no sistema SAF[®] como no sistema ProTaper[®] são potenciadores da desinfeção canalar, sendo o sistema SAF[®] inovador neste procedimento estando acoplado à instrumentação.

O sistema de instrumentação SAF[®] apresenta como vantagens, em relação ao sistema ProTaper[®], maior remoção de detritos e *smear layer*, preconizar a lima “única”, menor tempo de trabalho, maior resistência à fratura assim como menor transporte apical.

A principais desvantagens são aquando da necessidade da colocação de um espigão radicular pré-fabricado, o canal não apresenta uma conformação adequada para a colocação do mesmo, visto respeitar a anatomia tridimensional do canal. Torna-se também necessário a criação de um sistema próprio de obturação termoplástica, visto este sistema respeitar a anatomia tridimensional do canal. Deste modo, o canal depois de instrumentado apresenta as curvaturas originais, facto que dificulta uma correta obturação tridimensional com técnicas de obturação a frio.

Referências bibliográficas

Adıgüzel, A. (2011). A Literature Review of Self Adjusting File. *Int Dent Res.* 1, pp. 18-25.

Aguiar, C., Câmara, A. (2008). Radiological evaluation on the morphological changes of root canals shaped with ProTaper® for hand use and the ProTaper® and Race® rotary instruments. *Aust Endod J.* 34, pp. 115-9.

Aguiar, C., Câmara, A., Moraes, A. (2006). Avaliação radiográfica do desvio apical em canais instrumentados com o Sistema ProTaper®. *Rev Assoc Paul Cir Dent.* 60(1), pp. 67-71.

Alapati, S., Brantley, W., Svec, T., Powers, J., Nusstein, J., Daehn, G. (2005). SEM observations of nickel-titanium rotary endodontic instruments that fractured during clinical use. *J Endod.* 31, pp. 40 –3.

Beatty, R., Vertucci, F., Hojjatie, B. (1988). Thermomechanical compaction of gutta-percha: effect of speed and duration. *Int Endod J.* 21, pp. 367-75.

Bergmans *et al.* (2001). Root canal preparation with rotary instruments. *American Journal of Dentistry.* 14(5), pp. 324-333.

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

Boutsioukis C, Lambrianidis T, Kastrinakis E, et al. (2007). Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles. *Int Endod J.* 40, pp. 504–13.

Braitt, A. (1980).Saneamento dos Canais Radiculares. *RGO.* 28(3), pp. 200-202.

Bystro, A., Sundqvist, G. (1985). The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J.* 18, pp. 35–40.

Canzani, J., Fernandet, E., Santia, C., Fusaro, E., Herbel, B. (1984). Empleo de la técnica escalonada y el ensanchador mecánico en la preparación de los conductos radiculares. *Rev. Asoc. odont. Argent.* 72(2), pp. 40-2.

Castellucci, A. (2005). *Endodontics*. Volume 1 e 2. Iltridente.

Civjan, S., Huget, E., DeSimon, L. (1975). Potential applications of certain nickel-titanium (Nitinol) Alloys. *J Den Res.* 54(1), pp. 89-96.

Condorelli, G, Bonaccorso, A., Smecca, E., Schafer, E., Cantatore ,G., Tripi, T. (2010). Improvement of the fatigue resistance of NiTi endodontic files by surface and bulk modifications. *Int Endod J.* 43, pp. 866–73.

Desai ,P., Himel, V. (2009). Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *J Endod.* 35, pp. 545–9.

ElAyouti, A., Chu, A., Kimionis, I., Klein, C., Weiger, R. (2008). Efficacy of rotary instruments with greater taper in preparing oval root canals. *Int Endod J.* 41, pp. 1088–92.

Estrela, C., Estrela, CRA, Barbin, EL, et al. (2002). Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J.* 13, pp. 113–7.

Estrela, C., Figueiredo, J. (1999). *Endodontia - Princípios biológicos e mecânicos*. 1ª Edição. São Paulo. Artes Médicas.

Fariniuk, L., Westphalen, V., Neto, U., Carneiro, E., Filho, F. (2011). Efficacy of Five Rotary Systems versus Manual Instrumentation During Endodontic Retreatment. *Braz Dent J.* 22(4), pp. 294-298.

Ferreira, M., Sanches, F., Rodrigues, B., Gonçalves, D., Dias, J. (2006). Estudo comparativo da infiltração apical de canais radiculares obturados por duas técnicas diferentes. *Rev Port Estomatol Cir Maxilofac.* 47, pp. 133-8.

Gergi, R., Rjeily, J., Sader, J., Naaman, A. (2010). Comparison of Canal Transportation and Centering Ability of Twisted Files, Pathfile-ProTaper System, and Stainless Steel Hand K-Files by Using Computed Tomography. *J Endod.* 36, pp. 904–907.

Haapasalo, M., Shen, Y., Qian, W., Gao, Y. (2010). Irrigation in Endodontics. *Dent Clin North Am.* 54(2), pp. 291-312.

Hartmann, M., Barletta, F., Camargo, V., Vanni, J. (2007). Canal transportation after root canal instrumentation: A comparative study with computed tomography. *J Endod.* 33, pp. 962–5.

Hata, G., Uemura, M., Kato, A., Imura, N., Novo, N., Toda, T. (2002). A comparison of shaping ability using ProFile, GT File, and Flex-R endodontic instruments in simulated canals. *J Endod.* 28(4), pp. 316-21.

Hof, R., Perevalov, V., Eltanani, M., Zary, R., Metzger, Z. (2010). The self-adjusting file (SAF®). Part 2: Mechanical analysis. *J Endod.* 36, pp. 691-696.

Hülsmann, M., Bluhm, V. (2004). Efficacy cleaning ability and safety of different rotary NiTi instruments in root canal retreatment. *Int Endodo J.* 37, pp. 468-76.

Javaheri, H., Javaheri, G. (2007). A comparison of three NiTi rotary instruments in apical transportation. *J Endod.* 33(3), pp. 284-6.

Kuhn, G., Tavernier, B., Jordan, L.(2001). Influence of structure on nickel–titanium endodontic instruments failure. *J Endod.* 27. pp. 516–20.

Lottani, S., Gautschi, H., Sener, B., et al. (2009). Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *Int Endod J.* 42, pp. 335-43.

Martins, S., Mello, J., Cavaco Martins, C., Maurício, A., Ginjeira, A. (2011). Comparação da obturação endodôntica pelas técnicas de condensação lateral, híbrida de Tagger e Thermafil: estudo piloto com Micro-tomografia computadorizada. *Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofac.* 52(2), pp. 59-69.

Melo, Tiago. (2010). Análise da influência do grau de curvatura na ocorrência de desvios apicais após o preparo oscilatório em canais simulados. *Rev Sul-Bras Odontol.* 7(3), pp. 312-319.

Metzger, Z., Cohen, R., Zary, R., Teperovich, E., Paqué, F., Hülsmann, M. (2010b). The self-adjusting file (SAF®). Part 3: Removal of debris and smear layer - a scanning electron microscope study. *J Endod.* 36, pp. 697-702.

Metzger, Z., Teperovich, E., Zary, R., Cohen, R., Hof, R. (2010a). Respecting the root canal: a new concept of a self-adjusting file (SAF®). *J Endod.* 36, pp. 679-690.

Metzger, Z., Zary, R., Cohen, R., Teperovich, E., Paqué, F. (2010c). The quality of root canal preparation and root canal obturation in canals treated with rotary versus selfadjusting files: a three-dimensional micro-computed tomographic study. *J Endod.* 36, pp. 1569-1573.

Paqué, F., Peters, O. (2011). A micro-computed tomography evaluation of the preparation of long oval root canals in mandibular molars with the self-adjusting file (SAF®). *J Endod.* 37(4), pp. 517-21.

Peters, O., Paqué, F. (2011). Root canal preparation of maxillary molars with the self-adjusting file: a micro-computed tomographic study. *J Endod.* 37, pp. 53-57.

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

Plotino, G., Grande ,N., Cordaro, M., Testarelli, L., Gambarini, G. (2009). A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 35, pp.1469–76.

Plotino, G., M. Grande, N., Cordaro, M., Testarelli, L., Gambarini, G. (2009). A Review of Cyclic Fatigue Testing of Nickel-Titanium Rotary Instruments. *J Endod.* 35, pp. 1469–1476.

Ruddle, C. (2005). The ProTaper technique. *Endodontic topics.* 10, pp. 187-90.

Salman, M., Baumann, M., Hellmich, M., Roggendorf, M., Termaat, S. (2010). SEM evaluation of root canal debridement with Sonicare CanalBrush irrigation. *Int Endod J.* 43(5), pp. 363-9.

Schäfer, E., Schulz-Bongert ,U., Tulus, G. (2004). Comparison of hand stainless steel and nickel titanium rotary instrumentation: a clinical study. *J Endod.* 30, pp. 432–5.

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

Schirrmeister, J. *et al.* (2006). Effectiveness of a hand file and three nickel-titanium rotator instruments for removing gutta-percha in curved root canals during retreatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 101, pp. 542-547.

Schrader, C., Peters, O. (2005). Analysis of torque and force with differently tapered rotary endodontic instruments in vitro. *J Endod.* 31, pp. 120 –3.

Semaan, F., Fagundes, F., Haragushiku, G., Leonardi, D., Filho, F. (2009). Endodontia mecanizada: a evolução dos sistemas rotatórios contínuos. *Rev Sul-Bras Odontol.* 6(3), pp. 297-309.

Shen, Y., Qian, W., Abtin, H., Gao, Y., Haapasalo, M. (2011a). Fatigue testing of Controlled Memory Wire nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 37, pp. 997–1001.

Shen, Y., Zhou, H., Zheng, Y., Campbell, L., Peng, B., Haapasalo, M. (2011b). Metallurgical Characterization of Controlled Memory Wire Nickel-Titanium Rotary Instruments. *J Endod.* 37, pp. 1566–1571.

Siqueira, J., Alves, F., Almeida, B., Oliveira, J., Roças, I. (2011). Ability of Chemomechanical Preparation with Either Rotary Instruments or Self-adjusting File to Disinfect Oval-shaped Root Canals. *J Endod.* 36(11), pp. 1860-5.

Só, M. (2008). Efficacy of ProTaper® retreatment system in root canals filled with gutta-percha and two endodontic sealers. *J Endod.* 34(10), pp. 1223-1225.

Solomonov, M. (2011). Eight months of clinical experience with the self-adjusting file (SAF®) system. *J Endod.* 37(6), pp. 741-894.

Somma, F. (2008). The effectiveness of manual and mechanical instrumentation for the retreatment of different root canal filling materials. *J Endod.* 34(4), pp. 466-469.

Sonntag, D., Ott, M., Kook, K., Stachniss, V. (2007). Root canal preparation with the NiTi systems K3®, MTwo® and ProTaper®. *Aust Endod J.* 33(2), pp. 73-81.

Tagger, M., Katz, A., Korzen, B. (1984). Avaliation of the apical seal produced by a hybrid root canal filling method, combining lateral condensation and thermatic compaction. *J Endod.* 10(7), pp. 299-303.

Thompson, S. (2000). An overview of nickel–titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J.* 33, pp. 297–310.

Townsend, Maki. (2009). An In Vitro Comparison of New Irrigation and Agitation Techniques to Ultrasonic Agitation in Removing Bacteria From a Simulated Root Canal. *J Endod.* 35, pp 1040–1043.

Walia, H, Brantley, W, Gerstein, H. (1988). An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod.* 14, pp. 346–51.

Weine. (1991). *Terapeutica en Endodoncia*. 2ª Edição. Barcelona. Salvat Editores.

Wolcott, S., Wolcott, J., Ishley, D. (2006). Separation incidence of ProTaper® rotary instruments: a large cohort clinical evaluation. *J Endod.* 32, pp. 1139–41.

Wu, M-K, Roris, A., Barkis, D., et al. (2000). Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 89, pp. 739–43.

Yoneyama, T., Doi, H., Hamanaka, H., Yamamoto, M., Kuroda, T. (1993). Bending properties and transformation temperatures of heat treated Ni-Ti alloy wire for orthodontic appliances. *J Biomed Mater Res.* 27, pp. 399–402.

Yoshimine, Y., Ono, M., Akamine, A. (2005). The shaping effects of three nickel-titanium rotary instruments in simulated S-shaped canals. *J Endod.* 31(5), pp. 373-5.

Zhang, L., Luo, H., Zhou, X., Tan, H., Huang ,D. (2008). The shaping effect of the combination of two rotary nickel titanium instruments in simulated S-shaped canals. *J Endod.* 34(4), pp. 456-8.