



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

DESENHO DE PROJETO EXPERIMENTAL SOBRE AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA CAPACIDADE DE CENTRALIZAÇÃO DA PREPARAÇÃO MECANIZADA EM CANAIS INSTRUMENTADOS COM OS SISTEMAS MTWO®, ROTATE® E PROTAPER NEXT™

Trabalho submetido por
Carlota Maria da Silva Lopes Alves Augusto
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

setembro de 2020



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**DESENHO DE PROJETO EXPERIMENTAL SOBRE AVALIAÇÃO
COMPARATIVA DA CAPACIDADE DE CENTRALIZAÇÃO DA
PREPARAÇÃO MECANIZADA EM CANAIS INSTRUMENTADOS
COM OS SISTEMAS MTWO®, ROTATE® E PROTAPER NEXT™**

Trabalho submetido por
Carlota Maria da Silva Lopes Alves Augusto
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutora Ana Mano Azul
E coorientado por
Mestre Carlos Daniel Franco

setembro de 2020

Dedicatória

Aos meus Pais, Irmão e Avó

Agradecimentos

À minha orientadora, Prof. Doutora Ana Mano Azul, pela orientação ao longo do desenvolvimento deste projeto e toda a ajuda, apoio e motivação inestimáveis, bem como o cuidado e rigor exigidos durante todo o percurso.

Ao meu coorientador, Prof. Carlos Daniel Franco, pela constante ajuda, cuidado e prontidão, imprescindíveis à realização deste trabalho. Um enorme obrigada por todo o interesse e apoio demonstrados durante o decorrer de todo o trabalho.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz, por ter representado a minha segunda casa ao longo dos últimos cinco anos, proporcionando momentos e memórias que guardarei sempre comigo, bem como um ensino de excelência e um enorme acompanhamento por parte de todo o corpo docente, que me moldou enquanto aluna e, acima de tudo, enquanto pessoa.

Ao departamento de Medicina Dentária Conservadora, vertente de Endodontia e em particular à Prof. Doutora Ana Mano Azul, pela oportunidade de aprendizagem e pelo voto de confiança e ao Prof. Doutor Diego González, por cada ensinamento e palavra motivadora, nesta que é a área da Medicina Dentária que mais me apaixona.

À minha família, pelo constante apoio e presença ao longo de todo o percurso académico e pelo investimento na minha educação de excelência, que me permitiu estar a realizar este sonho que abrirá portas a outros sonhos e ambições.

Aos meus amigos, por todo o carinho, paciência e apoio incondicional, repleto de altos e baixo e horas passadas a estudar comigo e a ouvir-me praticar cada apresentação.

Ao Frederico, pelo amor, presença, disponibilidade e cuidado constantes. Obrigada por todos os dias e pela paciência a acalmar cada receio e a alegria a celebrar cada vitória ao longo deste percurso.

Resumo

A correta configuração que é conferida ao sistema de canais, durante o processo de instrumentação é o principal fator que condiciona a sua desinfecção, apontada como a mais importante variável no sucesso do tratamento endodôntico.

Para que essa desinfecção seja conseguida, é necessário que a instrumentação seja feita com respeito à anatomia do canal, de modo a evitar iatrogenia e permitir a sua correta limpeza, assegurando ainda que o canal tenha as dimensões necessárias para um selamento apical adequado, aquando da obturação.

Ainda que eficiente, a instrumentação manual dos canais apresenta algumas limitações e a instrumentação mecanizada surgiu na tentativa de colmatá-las, tendo os instrumentos vindo a ser melhorados ao longo dos anos, para assegurar uma preparação centrada dos canais e uma menor ocorrência de iatrogenia por fratura ou falha dos mesmos.

A capacidade de centralização destes instrumentos, que se prende com o modo com que instrumentam ambas as faces da curvatura de um canal é de extrema importância para a desinfecção dos canais e, como tal, deve ser uma característica a ter em consideração na escolha dos instrumentos.

Palavras-Chave: Instrumentação mecanizada, Mtwo®, Rotate®, ProtaperNext™, Capacidade de centralização

Abstract

The correct configuration given to the root canal system, during its instrumentation, is the main factor that conditions its disinfection, which is pointed as the most important variable in the success of the endodontic treatment.

In order for this disinfection to be achieved, it is necessary that the instrumentation be done with respect to the anatomy of the root canal, to avoid iatrogenesis and allow its correct cleaning, while also ensuring that the canal has the dimensions required for an adequate apical sealing, at the time of obturation.

Although efficient, the manual instrumentation of the root canal has some limitations and the mechanical instrumentation appeared in an attempt to bridge them, with the instruments being improved over the years, to ensure a centered preparation of the canals and a lower occurrence of iatrogenesis, through their fracture or failure.

The shaping and centering ability of these instruments, which is related to the way in which they instrument both sides of the curvature of a root canal, is extremely important for the disinfection of the canals and, therefore, must be a characteristic taken into consideration when choosing the instruments.

Key-words: Mechanical instrumentation, Mtwo®, Rotate®, ProtaperNext™, Shaping ability

ÍNDICE GERAL

I.	INTRODUÇÃO.....	11
II.	DESENVOLVIMENTO.....	13
1.	Desafios da instrumentação.....	13
1.1	Erros da instrumentação.....	13
1.2	Via de Permeabilização.....	14
1.3	Instrumentação mecanizada versus Instrumentação manual.....	16
1.4	Instrumentos de níquel-titânio.....	18
2.	Metodologia de avaliação da qualidade da preparação canal.....	20
2.1	Blocos de resina versus dentes naturais.....	21
3.	Avaliação da capacidade de centralização.....	23
4.	Metodologia de avaliação da capacidade de centralização.....	26
4.1	Avaliação por registo fotográfico.....	26
4.2	Avaliação por registo radiográfico.....	29
4.3	Avaliação com Micro-CT.....	31
5.	Estudos comparativos de avaliação de capacidade de centralização de diferentes sistemas de instrumentação mecanizada.....	33
6.	Sistemas de instrumentação selecionados - Sistemas Mtwo®, Protaper Next™ e Rotate®.....	43
6.1	Protaper Next™ (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland).....	44
6.2	Mtwo® (VDW GmbH, München, Germany).....	45
6.3	Rotate® (VDW GmbH, München, Germany).....	47
III.	DESENHO EXPERIMENTAL DO PROJETO DE INVESTIGAÇÃO.....	49
1.	OBJETIVO.....	49
2.	HIPÓTESES.....	49
2.1	Hipótese nula:.....	49
2.2	Hipótese alternativa:.....	49
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	49
3.1	PROTOCOLO EXPERIMENTAL.....	52
3.2	AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA CAPACIDADE DE CENTRALIZAÇÃO.....	52
3.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	53
IV.	CONCLUSÃO.....	55

V. BIBLIOGRAFIA..... 57

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 - Limas do sistema Rotate® - 15.0,04; 20.0,05; 25.0,06.	50
Figura 2 - Limas do sistema Mtwo® - 10.0,04; 15.0,05; 20.0,06; 25.0,06.	50
Figura 3 - Limas do sistema Protaper Next® - X1, X2, X3, X4 e X5.	51
Figura 4 - Bloco de resina em “J”.....	52

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Metodologias de avaliação da capacidade de centralização.....	31
Tabela 2 - Estudos comparativos de avaliação da capacidade de centralização	41

I. INTRODUÇÃO

A preparação do sistema radicular é reconhecida como sendo a etapa mais importante do tratamento endodôntico e aquela mais associada ao seu sucesso (Schilder, 1974).

A preparação do sistema de canais inclui tanto a conformação como a dilatação do complexo sistema radicular, acompanhadas de uma abundante irrigação e desinfecção.

Engloba assim a remoção do tecido pulpar, quer esteja ele vital, mas irreversivelmente afetado, quer esteja necrótico, bem como a desinfecção da dentina radicular e, em caso de tratamento prévio realizado sem sucesso, a remoção do material obturador. Inclui ainda a conformação e alargamento dos canais radiculares, por técnicas de instrumentação manual ou mecanizada, com recurso a motores e limas rotatórias ou reciprocantes (Ruddle, 2002).

O principal objetivo da preparação do sistema radicular prende-se com a criação de espaço e condições para a aplicação de irrigantes e eventuais medicações, com vista a promover a correta desinfecção canalar, removendo bactérias e outros elementos nocivos aos tecidos periapicais (Ruddle, 2002).

Uma grande variedade de instrumentos e técnicas têm vindo a ser desenvolvidos ao longo dos anos, de modo a tentar cumprir da melhor forma os requisitos desta complexa etapa. Porém, a fraca evidência científica na qualidade e eficácia clínica desses mesmos instrumentos e técnicas, leva à existência de muitos dados inconclusivos. Essa inconclusividade prende-se, entre outros aspetos, com diferenças metodológicas, dificultando uma comparação clara e eficaz entre as várias técnicas (Hulsmann et al., 2005).

Este trabalho tem como objetivo fazer o planeamento de um estudo com vista a avaliar a capacidade de centralização de diferentes sistemas de instrumentação mecanizada rotatórios, utilizando blocos de resina transparentes, com canais que simulam as configurações dos canais “J” e “S”.

Desenho de projeto experimental sobre avaliação comparativa da capacidade de centralização da preparação mecanizada em canais instrumentados com os sistemas Mtwo®, Rotate® e Protaper Next™

II. DESENVOLVIMENTO

1. Desafios da instrumentação

Muitos são os desafios presentes no processo da instrumentação do sistema radicular. O primeiro elemento a referir são os fatores anatómicos. Vários estudos anatómicos e histológicos, demonstraram uma grande variação anatómica no sistema de canais radiculares. Essas variações incluem número de canais, comprimento, diâmetro e curvatura dos mesmos, bem como alterações anatómicas quanto à posição do ápex, presença e número de canais laterais e acessórios e comunicação entre eles. Esta complexidade anatómica apresenta-se como um dos maiores desafios à instrumentação. Outro aspeto a mencionar são os atos iatrogénicos que decorrem da instrumentação. Nesta categoria podemos incluir, degraus, perfurações, fraca capacidade de centralização e dano ou alteração da localização do ápex do dente (Kapalas & Lambrianidis, 2000).

1.1 Erros da instrumentação

Os atos iatrogénicos referidos anteriormente advêm, de um modo geral, da incapacidade dos instrumentos de acompanhar as variações anatómicas dos canais, quer por insuficiente flexibilidade, excessiva rigidez ou desgaste, quer por incorreta técnica ou força aplicadas pelo clínico (Kapalas & Lambrianidis, 2000).

O ombro de dentina pode ser definido como uma região mais estreita no ponto de maior curvatura do canal e ocorre devido a um alargamento irregular do mesmo (Kapalas & Lambrianidis, 2000).

O degrau estará presente no lado externo da curvatura do canal e resulta da utilização de força excessiva ou de instrumentos com insuficiente flexibilidade, que acabam por originar um alinhamento não anatómico do canal (Kapalas & Lambrianidis, 2000).

A perfuração pode ocorrer devido à utilização de instrumentos mais rígidos ou a força excessiva e pode representar um problema, uma vez que a destruição do cimento pode conduzir a lesão ou infeção do ligamento periodontal, que pode ser difícil de tratar e de posteriormente selar (Seltzer et al., 1967).

A ineficiente capacidade de centralização pode levar, não só aos problemas acima descritos, como também a situações de “zip”, que consiste num sobre-alargamento da

face externa da curvatura do canal, o que vai acarretar dois problemas, sendo eles a excessiva remoção de dentina na face externa da curvatura, acompanhada de um enfraquecimento da raiz nesse ponto e uma insuficiente instrumentação da face interna da curvatura, podendo assim comprometer a irrigação e desinfecção. Pode ainda ocorrer bloqueio apical com detritos, o que resultará numa potencial perda de comprimento de trabalho e permeabilidade e dano ou alteração da localização anatômica do ápex, que pode advir de uma determinação incorreta do comprimento de trabalho, da retificação da curvatura do canal, sobre-extensão ou sobre-preparação (Hulsmann et al., 2005).

Seguidamente, será abordada a via de permeabilização, cuja presença auxilia a evitar a ocorrência de erros de instrumentação, tais como formação de degraus, bloqueio apical nas zonas de maior curvatura ou no ápex, transporte do canal, formação de *zip* e até mesmo perfurações (van der Vyver, 2011b).

1.2 Via de Permeabilização

A via de permeabilização pode ser definida como um túnel radicular desde a câmara pulpar até à constrição apical. É defendido que não deve ter um tamanho superior ao de uma lima manual K número 10. Esta via de permeabilização deve ser encontrada, se já presente ou criada no caso de se encontrar ausente. A sua existência é apontada como um elemento essencial para facilitar a instrumentação mecanizada com sistemas de limas rotatórios, aumentando a sua longevidade e ajudando a evitar a sua fratura, quer por torção, quer por fadiga cíclica, tendo por objetivo facilitar a instrumentação de forma a manter o mais possível a anatomia original do canal. Nesta medida, deve ser considerada como a etapa inicial de qualquer tratamento endodôntico, tornando-se a conformação do canal imprevisível na sua ausência, não havendo guia para as limas rotatórias (van der Vyver, 2011b).

Pode considerar-se que foi obtida a via de permeabilização quando a lima utilizada para a criar consegue ir desde a câmara até à constrição apical de forma suave e sem ficar presa no canal, podendo ser utilizados diferentes tipos de limas e diferentes técnicas (Dhingra, 2017).

Vários autores, entre os quais Mounce (2005), defendem que a utilização de limas K para o estabelecimento de uma via de permeabilização traz várias vantagens, tais como: a) um baixo potencial de separação destas limas; b) a ótima sensibilidade e percepção tátil que oferecem; c) o facto de as limas K mais pequenas serem moldáveis e imprimirem a anatomia do canal, o que ajuda o clínico a perceberá-la; d) o facto da rigidez destas limas

ser muito útil para remover obstruções e calcificações e permeabilizar o canal (Mounce, 2005).

A fratura por torsão ocorre quando alguma parte da lima rotatória fica presa às paredes internas da raiz, enquanto o resto da lima continua a rodar. Este é um dos principais acidentes associados à instrumentação mecanizada rotatória e a criação de uma via de permeabilização é apontada como uma solução para este problema. São vários os fatores associados à fratura dos instrumentos de níquel-titânio, entre eles a técnica de instrumentação, o desenho das limas, e a velocidade e torque de rotação aplicados sobre os instrumentos. Para além da criação de uma via de permeabilização com limas manuais K, outra técnica descrita é a utilização de uma lima manual K num contra-ângulo recíprocante. A literatura não refere grandes diferenças nos resultados obtidos com as duas técnicas e como principal vantagem da utilização de um contra-ângulo recíprocante, indicam a diminuição do tempo de trabalho e da fadiga do clínico. Nesta técnica, uma lima K de pequeno calibre é introduzida na peça de mão e utilizada para permeabilizar toda a extensão do canal (van der Vyver, 2011a).

Vários estudos aconselham a preparação de uma via de permeabilização com um mínimo de 0,20mm antes da introdução de um sistema de instrumentação mecanizada. Depois da obtenção da via de permeabilização com lima manual K número 10, pode efetuar-se o seu alargamento com limas rotatórias próprias para esse fim, como as PathFiles® (Dentsply Maillefer). O alargamento da via de permeabilização com um sistema rotatório oferece vantagens face às técnicas enunciadas previamente, tais como a diminuição do tempo de trabalho e da fadiga do clínico, e ainda a criação de conicidade no interior do canal, facilitando a irrigação e a manutenção da forma dos canais, mesmo quando têm uma curvatura mais marcada, devido à elevada flexibilidade das limas de níquel-titânio destes sistemas, com conicidade de 2% (van der Vyver, 2011b).

Pode então concluir-se que, com recurso a uma via de permeabilização adequada e a um correto alargamento coronal, é mais fácil manter a anatomia original dos canais, com redução da frequência de alterações na curvatura do canal e redução da frequência de aberrações iatrogénicas. Para além disto, o clínico consegue abordar com maior facilidade canais com anatomias mais complexas e diminuir a ocorrência de fraturas dos instrumentos (Dhingra, 2017 e van der Vyver, 2011a).

1.3 Instrumentação mecanizada *versus* Instrumentação manual

Na literatura verifica-se que a primeira menção à utilização de uma técnica de instrumentação mecanizada, remonta a Oltramare (Oltramare, 1892), que descreveu a utilização de finas agulhas de secção transversal retangular numa peça de mão. Posteriormente, já em 1889, William H. Rollins (Hargreaves & Berman, 2014), desenvolveu a primeira peça de mão endodôntica, para a preparação radicular mecanizada.

A preparação mecanizada do sistema de canais radiculares visa a criação de espaço para a introdução de irrigantes, agentes antibacterianos e medicação, visando eliminar bactérias da forma mais eficaz possível e os subprodutos do seu metabolismo, na vasta maioria prejudiciais para os tecidos perirradiculares (Schilder, 1974).

A correta desinfecção dos canais mantém-se um dos maiores desafios do tratamento endodôntico.

Assim, preconiza-se que os principais objetivos da preparação e instrumentação são a prevenção da periodontite apical e a recuperação em casos em que a doença já está instalada (Schilder, 1974).

Schilder (1974) enfatizou a necessidade de uma limpeza e desinfecção minuciosa do sistema de canais, pela remoção de todo o material orgânico, com recurso a instrumentos adequados e irrigação abundante. Acrescentou ainda que a preparação dos canais não deve ter apenas em consideração a complexa anatomia dos canais como também a técnica e material de obturação a selecionar. Preconiza assim que a forma básica final do canal deve ser afunilada, de conicidade constante, seguindo a anatomia original do canal.

Como tal, é possível sumarizar os objetivos da preparação mecanizada, como sendo a remoção da polpa vital ou necrótica, a criação de espaço suficiente para permitir a utilização de irrigantes e medicamentos, a preservação da integridade e localização anatómica do ápex e a facilitação do posterior preenchimento com material obturador, pela criação de um canal com adequado diâmetro e conicidade. Pode ainda ser acrescentado como objetivo, a preservação da estrutura dentinária da raiz, através de uma técnica o mais conservadora possível. A integridade do dente deve ser mantida a longo prazo, sem que haja compromisso estético nem funcional, evitando a realização de atos iatrogénicos ao sistema de canais e a posterior reinfecção do canal e tecidos perirradiculares (Hulsmann et al., 2005).

A revisão sistemática, levada a cabo por Hulsmann (2005) demonstrou que a grande maioria dos estudos referem que as limas de níquel-titânio apresentam uma boa manutenção da curvatura e forma dos canais, mesmo em casos em que estes apresentam curvaturas acentuadas. Demonstrou ainda que as limas de níquel-titânio apresentam bons resultados na preparação dos canais radiculares, mesmo quando utilizadas por clínicos menos experientes (Hulsmann et al., 2005).

Um dos aspetos apresentados como vantagem da instrumentação mecanizada é o tempo de trabalho. Ainda que haja uma grande variabilidade nos estudos realizados quanto ao tempo de trabalho, mesmo que com os mesmos instrumentos e técnicas, o que é frequentemente atribuído a diferenças metodológicas nos diferentes estudos, é unanimemente aceite que a instrumentação mecanizada é mais rápida do que a técnica manual, o que equivale a menos tempo de cadeira para o paciente e maior conforto para este e para o clínico (Hulsmann et al., 2005).

Esta diferença no tempo de trabalho é também associada com o facto da instrumentação mecanizada recorrer a um número inferior de limas, quando comparada com a instrumentação manual (Hulsmann et al., 2005).

Um estudo realizado por Hidalgo et al. (2017), teve por objetivo fazer a comparação da eficácia de conformação em canais de molares decíduos de técnicas de instrumentação manual e mecanizada. Para tal utilizaram 24 molares decíduos extraídos, instrumentados com limas manuais e limas mecanizadas. É de ressaltar que, à data deste estudo, a instrumentação manual era considerada como a primeira escolha para o tratamento endodôntico em dentes decíduos, ainda que lhe fossem atribuídas algumas limitações, tais como a formação de degraus e a ocorrência de perfurações e fratura dos instrumentos. Por outro lado, ao tratarem-se de pacientes pediátricos, a redução do tempo de consulta pelo recurso a instrumentação mecanizada, foi apresentada como uma das grandes vantagens que esta técnica poderia trazer a estes pacientes. Foram utilizadas limas K, Protaper Next™ e Self-Adjusting File® e os resultados avaliados através de Micro-CT, uma técnica de excelência para estudos de capacidade de centralização em endodontia. Os resultados mostraram superior capacidade de centralização nos sistemas de instrumentação mecanizada e também nestes, menor transporte do canal, isto é, menor frequência de alteração da posição original do ápex.

Concluíram assim, que a instrumentação mecanizada se mostrou superior à manual, apresentando como limitações do seu estudo, o reduzido tamanho da amostra e a

possibilidade da variabilidade anatômica dos dentes utilizados ter influenciado os resultados (Hidalgo et al., 2017).

Um outro estudo *in vitro*, realizado por Limongi et. al. (2007), fez também a comparação entre as duas técnicas, utilizando 40 incisivos inferiores divididos em dois grupos. Um dos grupos foi instrumentado com limas K e o outro com limas de níquel-titânio rotatórias e o principal objetivo foi avaliar a quantidade de dentina radicular removida durante a instrumentação. Nesse sentido, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas, porém, no que diz respeito à capacidade de centralização, a instrumentação mecanizada mostrou-se mais eficaz, com maior manutenção da forma original dos canais (Limongi et al., 2007).

Lopreite et al. (2014), realizaram um estudo com vista a avaliar o comportamento da instrumentação mecanizada face à instrumentação manual, no que diz respeito à avaliação da deformação e transporte apical e manutenção do calibre apical. Concluíram não haver diferenças significativas entre ambos os grupos (Lopreite et al., 2014).

Já na revisão sistemática levada a cabo por Hulsmann (2005), a instrumentação mecanizada é referida como sendo em vários aspetos superior à instrumentação manual, apresentando como vantagens da mesma dois aspetos principais. Refere que o uso de instrumentos de níquel-titânio resulta em menor retificação da curvatura dos canais e melhor capacidade de centralização do que aquela obtida com limas manuais de aço e, que, quando utilizados segundo as instruções do fabricante, os sistemas de limas de níquel-titânio apresentam alta segurança de utilização, sendo preferíveis os instrumentos que não possuam pontas ativas, de modo a tentar evitar atos iatrogénicos.

1.4 Instrumentos de níquel-titânio

A introdução da instrumentação mecanizada revelou-se como sendo um dos maiores avanços feitos no campo da Endodontia, trazendo melhorias no que toca à qualidade e previsibilidade da instrumentação, aliadas a uma diminuição de erros de procedimento e de tempo de trabalho (Gavini et al., 2018).

Vários são os elementos referentes ao desenho das limas que condicionam as suas propriedades, tais como flexibilidade, eficácia de corte e resistência à torsão, sendo eles

a secção transversal, conicidade, desenho da ponta, tamanho, forma e volume do corpo, aresta cortante e ângulo helicoidal e de corte (Hulsmann et al., 2005).

Nos últimos anos, os instrumentos utilizados na instrumentação mecanizada têm sido alvo de inúmeras melhorias no seu desenho, tratamento de superfície e tratamentos térmicos, aspetos que culminam num desempenho superior e maior capacidade de resposta aos desafios apresentados por canais com anatomia mais complexa. Atualmente, estão disponíveis vários sistemas, quer de rotação contínua, quer de rotação recíproca e, conhecer as suas propriedades mecânicas e o seu desenho, composição e devida forma de utilização, providenciam ao clínico uma instrumentação segura (Gavini et al., 2018).

A introdução de limas de níquel-titânio veio revolucionar o modo como a Endodontia é abordada pelos clínicos, trazendo inúmeras vantagens à instrumentação. Devido às propriedades metálicas desta liga, tornou-se possível fabricar limas com conicidades superiores a 2%, que é a conicidade normal para os instrumentos de aço (Hulsmann et al., 2005).

A primeira utilização de instrumentos fabricados a partir de ligas de níquel-titânio em Endodontia data de 1975, tendo sido levada a cabo por Civjan et al. (1975).

Uma das propriedades destas ligas apontada como altamente vantajosa para a instrumentação é a sua memória de forma, que corresponde à capacidade dos instrumentos de recuperarem a sua forma original, mesmo depois de sofrerem algum grau de deformação, quando aquecidos. Outra característica muito importante para o campo da Endodontia é a sua elasticidade. Das várias ligas metálicas disponíveis no mercado para o fabrico de limas endodônticas, o níquel-titânio, para além da memória de forma e da elevada elasticidade, apresenta-se como sendo o material com maior biocompatibilidade e resistência à corrosão, devido entre outros aspetos, ao seu revestimento de superfície com óxido de titânio (Otsuka and Wayman, 1998).

Para além deste tratamento de superfície, os tratamentos térmicos trazem várias vantagens aos instrumentos, sendo os principais responsáveis pelas propriedades elásticas e de memória de forma. O tratamento térmico consiste em aquecer a liga a uma temperatura pré-determinada e proceder de seguida ao seu arrefecimento gradual e controlado, após o período estipulado pelo fabricante. As mais ligeiras alterações nas temperaturas a que as ligas são aquecidas e posteriormente arrefecidas, bem como o tempo que cada um dos processos deve demorar, são os principais responsáveis pelas diferenças que as várias ligas apresentam em termos de memória de forma e elasticidade (Liu et al., 1997).

De forma a produzir alterações nas propriedades destas ligas, pode também alterar-se a proporção e concentração de níquel e titânio que as compõem (Liu et al., 1997).

Posteriormente às ligas tradicionais de níquel-titânio, foi introduzida uma nova liga, denominada de “M-Wire”, que tem propriedades ainda superiores às do níquel-titânio e uma resistência superior à fratura por fadiga cíclica (Gambarini et al., 2008).

Gavini et. al. (2018), concluiu então que, à data da sua redação, não há nenhum sistema de instrumentação mecanizada que reúna todas as características ideias, sem acarretar risco de fratura de instrumentos ou erros de procedimentos (Gavini et al., 2018).

2. Metodologia de avaliação da qualidade da preparação canal

Ao longo das últimas décadas, têm sido realizados inúmeros estudos que visam avaliar a qualidade da instrumentação, quer por técnicas manuais quer por técnicas mecanizadas. Porém, os resultados apresentam-se muitas vezes contraditórios e não permitem que se tirem conclusões definitivas sobre a eficácia e qualidade das técnicas (Hulsmann et al., 2005).

Existem inúmeras limitações nos diferentes estudos, as quais impossibilitam a comparação dos resultados. Um dos exemplos consiste no facto de na maioria dos estudos ser comparado um número reduzido de sistemas de instrumentação rotatória, havendo poucas investigações que comparem um número alargado de sistemas (Glickman and Dumsha, 1997); ainda que os instrumentos manuais sejam utilizados há décadas, não se chegou a consenso sobre a técnica mais eficaz. No entanto, a técnica de forças balanceadas é apresentada como o *gold standard*. Por outro lado, muitos dos estudos avaliam um número limitado de parâmetros, como desinfeção, anatomia do canal, capacidade de centralização, diâmetro e conicidade apical, e não todos de forma conjugada, o que não permite obter comparação entre investigações que se foquem em elementos distintos. Uma outra limitação observada é a elevada heterogeneidade na metodologia dos diferentes estudos, desde os protocolos de instrumentação até ao número e tipo de amostra utilizados, o que impede, mais uma vez, a comparação direta entre as informações obtidas e, muitas das vezes, a extrapolação dos resultados obtidos para aqueles expectáveis clinicamente (Hulsmann et al., 2005).

O objetivo dos estudos que avaliam a forma pós-operatória dos canais é conseguir avaliar a conicidade, diâmetro apical, a manutenção da anatomia original dos canais, a frequência

de atos iatrogénicos e o transporte apical, isto é, a criação, por perfuração, de um ápex não correspondente ao ápex anatómico original (Weine et al., 1975).

2.1 Blocos de resina *versus* dentes naturais

Muitos dos estudos efetuados no âmbito da avaliação da qualidade da preparação canal, recorrem ao uso de blocos de resina com canais simulados no seu interior. Ainda que o ideal seja a utilização de dentes humanos, facilitando a extrapolação dos dados experimentais obtidos para o que ocorre clinicamente, estes blocos de resina apresentam inúmeras vantagens (Weine et al., 1976).

Os blocos de resina permitem a padronização da técnica e reprodutibilidade experimental, tendo todos igual localização, curvatura, diâmetro e forma dos canais e dureza (Hulsmann et al., 2005).

Podem ser fabricados com as medidas e curvaturas desejadas, permitindo simular uma imensidão de situações clínicas e controlar as variáveis experimentais capazes de influenciar a fiabilidade dos estudos, tais como a variabilidade anatómica presente nos dentes humanos (K. C. Lim & Webber, 1985 ; Weine et al., 1975).

Nessa medida, apresentam um enorme potencial quer para situações experimentais quer para o ensino de alunos na área da Endodontia. O facto de serem transparentes e de os canais serem visíveis facilita a avaliação das diferenças pré e pós-operatórias (Weine et al., 1975) e a realização de medições por técnicas de sobreposição de imagem (Hulsmann et al., 2005).

Idealmente, os efeitos da instrumentação nos canais, deveriam ser sempre avaliados em dentes humanos, trazendo estas vantagens impossíveis de obter com blocos de resina. A sua principal vantagem prende-se com o facto de mimetizarem as condições orais, no que diz respeito à anatomia radicular e à dureza da dentina radicular, variáveis que não estão presentes nos blocos de resina. Isto facilita a extrapolação dos resultados obtidos experimentalmente para a situação clínica (Hulsmann et al., 2005).

No entanto, é muitas vezes impossível reunir uma amostra suficientemente grande de dentes com canais semelhantes (K. C. Lim & Webber, 1985).

Como desvantagens da utilização de dentes humanos para estudos comparativos em Endodontia, são de salientar as variações e complexidade anatómica do sistema de canais e a consequente dificuldade de padronização das técnicas de instrumentação. Assim, a eficácia de um determinado sistema de instrumentação face a outro pode ser influenciada, não só pelos instrumentos em si, mas também pela presença de uma anatomia mais

complexa no canal, quer seja a presença de uma curvatura mais acentuada ou até mesmo um menor diâmetro do mesmo. Outra desvantagem está no facto dos dentes serem opacos e dos resultados terem de ser obtidos por processos mais complexos (Hulsmann et al., 2005).

Os blocos de resina são utilizados há já muitos anos para estudos em Endodontia e para a sua utilização foram fundamentais os trabalhos experimentais realizados por Weine (1976) e K. C. Lim & Webber (1985).

Weine et al. (1976) tinham como objetivo avaliar as diferenças entre a instrumentação manual e mecanizada em blocos de resina e se os resultados eram semelhantes aos de estudos idênticos realizados em dentes humanos. Concluíram que, ainda que haja vantagens na utilização de dentes humanos relativamente a blocos de resina, estes são de grande utilidade. Defenderam que não há dois dentes humanos exatamente iguais, em respeito a anatomia dos canais, espessura de dentina e sua dureza e, nessa medida os blocos de resina são excelentes para padronizar estudos em que se queira comparar a eficácia de diferentes instrumentos, sobre as mesmas condições clínicas (Weine et al., 1976).

Já o estudo realizado por Weine, em 1975, tinha como objetivo aferir a viabilidade de utilização de blocos de resina em estudos de comparação de sistemas de limas. Para tal, fabricaram blocos de resina à medida, todos eles com o mesmo desenho de canal e utilizaram dentes humanos extraídos, cuja anatomia e curvatura dos canais se assemelhasse à dos canais dos blocos de resina. Queriam comparar a ocorrência de retificação dos canais, com formação de zip, nos dentes naturais e blocos. Se os dentes naturais e os blocos mostrassem percentagens semelhantes de formação de zip, os investigadores poderiam concluir que seria viável a sua utilização para estes estudos. Como problema associado à utilização, os investigadores apontaram o facto de a micro-dureza da resina ser inferior à da dentina (Weine et al., 1975).

A micro-dureza da resina é de 22kg/mm², enquanto que a dentina radicular apresenta valores de 35 a 40kg/mm². Este fator é apresentado como uma limitação dos blocos de resina, na medida em que as limas têm mais facilidade de cortar a resina do que a dentina e os resultados podem ser influenciados por isso (K. C. Lim & Webber, 1985).

Os investigadores verificaram que a ocorrência de formação de zip era semelhante nos dentes e nos blocos, não havendo diferenças significativas entre ambos os grupos. Assim, concluíram que os blocos de resina são modelos experimentais válidos para estudos

comparativos de sistemas de instrumentação (K. C. Lim & Webber, 1985 ; Weine et al., 1976).

Na grande maioria dos estudos, os investigadores optaram pela realização destes procedimentos experimentais em blocos de resina, em vez de recorrerem a dentes naturais, que apresentam como grande limitação as diferenças morfológicas dos canais.

Para colmatar essa variabilidade, em estudos realizados em dentes naturais, os investigadores parecem optar por distribuir as raízes extraídas de acordo com o diâmetro apical e o grau de curvatura, de modo a não haver um grupo com canais mais complexos, podendo condicionar os resultados, por heterogeneidade da amostra. Em dentes naturais, a distribuição das raízes por grupos é feita após a realização de radiografias, que permitam ver a anatomia dos canais (Schäfer & Vlassis, 2004).

3. Avaliação da capacidade de centralização

A avaliação das alterações que o canal sofre pós-instrumentação é apontado como um método fidedigno para avaliar a capacidade de centralização dos instrumentos rotatórios, sendo o mais utilizado nos estudos. Este método permite a comparação direta entre o aspeto e dimensões do canal antes e depois deste ser instrumentado, avaliando a capacidade de centralização das limas e ajudando a determinar quais os sistemas que promovem melhores resultados em canais com curvaturas acentuadas ou dupla curvatura (Berutti et al., 2012).

A presença de curvatura acentuada nos canais é um dos principais desafios colocados à sua instrumentação, aumentando o risco de fratura dos instrumentos (Elnaghy & Elsaka, 2014b).

Nessa medida, os canais com curvaturas mais marcadas são muito utilizados como amostra nestes estudos porque representam um grande desafio à instrumentação e, nessa medida, sistemas que neles apresentem boa capacidade de centralização podem ser apontados como seguros e fiáveis (Berutti et al., 2012).

A instrumentação de um canal é mais complexa conforme as características desse mesmo canal. É unanimemente aceite que, excetuando a presença de obstruções e calcificações, os canais mais desafiantes de instrumentar são aqueles que apresentam uma dupla

curvatura, assemelhando-se a um “S”. Associado a este aumento de complexidade de instrumentação, estes são também os canais mais suscetíveis de sofrer erros iatrogênicos (Hiran-us et al., 2016).

Vários sistemas de instrumentação mecanizada rotatória têm sido desenvolvidos e aperfeiçoados ao longo dos últimos anos e vários têm sido os estudos realizados com vista a aferir as suas propriedades mecânicas e a capacidade que apresentam para uma correta preparação dos canais radiculares. No entanto, são poucos os trabalhos realizados para estudar as irregularidades de superfície destes instrumentos e o impacto que têm no seu desempenho e risco de fratura (Bennett et al., 2017).

A capacidade de centralização e a resistência à fratura por fadiga cíclica são aspetos fundamentais no que diz respeito ao desempenho dos instrumentos de níquel-titânio, em especial os novos sistemas que vão sendo inseridos no mercado, de modo a aferir quais são os mais adequados para as diferentes tipologias de canais radiculares (Wu et al., 2015).

Ainda que ofereçam vantagens face às limas manuais, as limas rotatórias de níquel-titânio estão sujeitas à fratura por fadiga cíclica, o que se apresenta como uma limitação das mesmas, influenciando o sucesso dos tratamentos e a segurança dos clínicos. São vários os fatores que aumentam o risco de fratura de limas rotatórias em canais com curvaturas acentuadas, sendo a flexibilidade e a resistência à fratura os mais frequentemente apontados (Uygun et al., 2016).

A flexibilidade das limas rotatórias e a sua resistência às diferentes formas de fratura, são aspetos importantes e que condicionam o seu desempenho na preparação dos canais, em especial naqueles que têm uma anatomia mais complexa ou curvaturas mais acentuadas. (Elnaghy & Elsaka, 2014a).

À medida que estes instrumentos são melhorados e novos sistemas são introduzidos no mercado, características como a flexibilidade e a resistência têm vindo a ser melhoradas (Hiran-us et al., 2016).

Para além da superior flexibilidade, as limas de níquel-titânio apresentam ainda outras vantagens, tais como a possibilidade de diferentes instrumentos terem conicidades distintas, desde valores superiores aos das limas manuais convencionais a valores mais baixos, que permitem maior facilidade de instrumentação em canais mais estreitos e desafiantes (Hiran-us et al., 2016).

Instrumentos com flexibilidade superior permitem uma preparação mais centrada e que respeite e mantenha a anatomia dos canais, reduzindo erros de procedimento e iatrogenia.

Uma flexibilidade superior dá também maior segurança ao clínico e permite-lhe abordar mais facilmente canais mais complexos (Elnaghy & Elsaka, 2014a e Uygun et al., 2016). De modo a tentar diminuir o risco de fratura e separação dos instrumentos rotatórios de níquel-titânio, deve ser sempre implementado o alargamento da porção coronal do canal antes de prosseguir com a instrumentação dos restantes terços radiculares. Desta forma, é possível eliminar interferências à passagem das limas e garantir que têm uma via direta e reprodutível até ao ápex (Plotino et al., 2007).

Uma correta técnica de instrumentação aliada ao estabelecimento prévio de uma via de permeabilização ajudam a diminuir o risco de fratura dos instrumentos por fadiga cíclica e por torção. Esta via de permeabilização ajuda a eliminar obstruções e a garantir a existência de um trajeto suave e reprodutível para a passagem dos instrumentos rotatórios, de modo a que não fiquem presos em alguma porção do canal e posteriormente fracturem pelo desgaste exercido pela rotação (Elnaghy & Elsaka, 2014b ; Varela Patiño et al., 2005).

A técnica de *crown-down* é a aconselhada na vasta maioria dos sistemas de instrumentação rotatória de níquel-titânio. Esta é uma técnica na qual limas de maior calibre precedem limas mais pequenas. As limas de maior calibre fazem um alargamento da porção coronária, permitindo que as limas menores progridam mais para apical. Esta técnica visa reduzir o risco de fratura e separação dos instrumentos e a fricção intracanal (Schäfer et al., 2006a).

Pode inferir-se, então que, o primeiro instrumento rotatório utilizado para a instrumentação do canal deve ter um diâmetro inferior, ou caso não seja possível, igual ao do canal, de modo a prevenir que algum segmento do mesmo se prenda no canal e fracture por torção (Varela Patiño et al., 2005).

Com base no acima referido, pode concluir-se que, devido à complexidade anatómica de canais com esta conformação, e à superior flexibilidade dos instrumentos rotatórios de níquel-titânio, estes são os mais aconselhados para a sua instrumentação (Hiran-us et al., 2016).

Um estudo realizado por Bonaccorso et al. (2009) sugeriu que limas rotatórias de níquel-titânio de tamanho 30 e cuja conicidade fosse superior a 0.04 não deveriam ser utilizadas em canais com dupla curvatura. Esta recomendação prende-se com o facto destes instrumentos terem uma menor flexibilidade e maior diâmetro, sendo mais complicado

instrumentar canais de dupla curvatura, mantendo a sua anatomia original. Um outro fator responsável por esta recomendação está associado ao facto desses instrumentos terem maior probabilidade de fraturarem e serem menos conservadores na remoção de dentina radicular (Bonaccorso et al., 2009).

Os resultados mais favoráveis a médio e longo prazo do tratamento endodôntico são aqueles em que se recorre a instrumentos o menos invasivos possível e em que há manutenção da anatomia radicular (Peters, 2004).

4. Metodologia de avaliação da capacidade de centralização

São várias as alternativas disponíveis para obtenção e análise de resultados nos estudos de capacidade de centralização de sistemas de instrumentação mecanizada. Esta é uma temática importante no desenho experimental do projeto de investigação, pois é a etapa que permite aferir o comportamento dos instrumentos selecionados e, como tal, deve ser o mais fiável e precisa possível. Neste capítulo serão analisadas as metodologias descritas nos estudos selecionados.

4.1 Avaliação por registo fotográfico

No estudo realizado por Hiran-us et al. (2016), após utilização da última lima da sequência, os canais foram preenchidos com um corante à base de eritrosina, de modo a permitir contraste entre as fotos pré e pós-operatórias, utilizadas para analisar a capacidade de centralização dos sistemas, com recurso a um sistema de análise de imagem. Os autores realizaram medições de um em um milímetro a partir da constrição apical e avaliaram as diferenças pré e pós-operatórias através da sobreposição das fotografias magnificadas a 200%. Este método de avaliação de resultados permite apenas obter uma perceção bidimensional e é inferior à técnica de Micro-CT. É mais económico e simples de realizar, permitindo um bom grau de reprodutibilidade e padronização da técnica. Foi ainda avaliado o tempo de trabalho com ambos os sistemas selecionados, concluindo que era semelhante e satisfatório em ambos os casos. Observou-se que, quanto menor o tempo de trabalho de cada lima, isto é, quanto menos tempo o instrumento está dentro do canal em rotação constante, menor a probabilidade de originar deformações iatrogénicas do mesmo. Em ambos os grupos houve uma boa manutenção da anatomia do canal/boa capacidade de centralização e algum transporte do canal. Porém, os

investigadores concluíram que o sistema Protaper Next™ podia ser utilizado com segurança em canais com dupla curvatura e que a percentagem de transporte apical não era significativa nem comprometia o selamento apical (Hiran-us et al., 2016).

Num outro estudo, de Schäfer et al. (2006), foram tiradas fotografias pré e pós instrumentação e posteriormente sobrepostas, com dez medições feitas nas faces interna e externa da curvatura, de forma a comparar as diferenças na anatomia e diâmetro dos canais, com o auxílio de um programa de análise de imagem. Os autores verificaram que o sistema Mtwo® se mostrou muito eficiente na preparação de canais curvos, tendo apresentado uma boa capacidade de centralização e um tempo de trabalho mais rápido, face aos demais sistemas avaliados. Verificaram ainda que não houve instrumentos deste sistema a fraturarem durante a instrumentação, o que mais uma vez revela a sua eficiência e segurança de uso em canais curvos. No entanto, nos canais com curvatura de 35°, os investigadores verificaram que as limas do sistema Mtwo® sofreram deformações permanentes de forma relativamente frequente e houve ainda perda de comprimento de trabalho em três canais instrumentados com este sistema, que os investigadores atribuem a uma possível acumulação de detritos que tenha bloqueado o ápex e o correto trajeto das limas. No geral, constataram que este é um sistema seguro, que respeita a anatomia dos canais curvos e os instrumenta de forma rápida, com boa capacidade de centralização e uma mínima perda de comprimento de trabalho (Schäfer et al., 2006a).

Nos estudos realizados por Wu (2015) e Troiano (2016), de modo a comparar os canais antes e depois de instrumentados, os autores recorreram a fotografias pré e pós-operatórias. Na investigação de Wu (2015), antes da instrumentação, os canais foram preenchidos com tinta escura e após instrumentação, com uma tinta encarnada, de modo a melhorar o contraste e facilitar a visualização dos canais. As fotografias foram tiradas com uma câmara estabilizada e posteriormente descarregadas para um sistema de análise de imagem, Adobe Photophop CS6 (Adobe System, San José, CA, USA). As imagens foram alvo de uma redução da saturação e sobrepostas, e passadas para outros sistemas avançados de tratamento de imagem, sendo posteriormente, os canais alvo de dez medições separadas por um milímetro. Todos os blocos foram instrumentados por um clínico experiente no campo da Endodontia (Wu et al., 2015).

Já no estudo levado a cabo por Troiano (2016) foram tiradas fotografias pré e pós-instrumentação, e as mesmas sobrepostas com um programa de imagem, tendo sido posteriormente passadas para um programa de estudo e análise de imagens tridimensional (Autocad, 2013), o qual fez a comparação e registo das dimensões dos canais em nove localizações diferentes, sem introdução de corantes nos canais (Troiano et al., 2016).

Também Sebastian Bürklein (2014), com vista a avaliar a quantidade de resina removida, fotografou os blocos antes e depois de instrumentados e, em cada canal, foram feitas vinte medições, dez na face interna da curvatura e dez na correspondente face externa, ao longo do canal (Bürklein & Schäfer, 2014).

No estudo de Lim et al. (2013), para avaliação da capacidade de centralização, os investigadores fizeram um registo fotográfico dos blocos de resina, pré e pós instrumentação e recorreram a um sistema de imagem (Photophop 7.0, Adobe, San Jose, CA, USA) para as ampliar e sobrepor, de modo a fazer as medições necessárias. Realizaram cinco medições de cada lado da curvatura, faces interna e externa e obtiveram os resultados com base numa fórmula, de modo a aferir se a lima removera a mesma quantidade de resina em ambas as faces, o que se traduziria numa boa capacidade de centralização. Se o mesmo não se verificasse, podiam inferir sobre a flexibilidade dos instrumentos e a conseqüente tendência a retificarem as curvaturas do canal. Traçaram linhas perpendiculares ao eixo do canal e estabeleceram, como níveis de medição, 1mm, 2mm, 3mm, 5mm e 7mm, considerando-os os níveis nos quais a curvatura é mais marcada ou aqueles mais perto do ápex, dando informação sobre o transporte apical. Atribuíram à face interna da curvatura a nomenclatura de X1, à face externa X2 e, ao diâmetro final do canal, deram a nomenclatura de Y, recorrendo à fórmula $(X1-X2)/Y$. De acordo com esta fórmula, quanto mais o resultado se aproximasse de zero, maior a capacidade de centralização do sistema de instrumentação, uma vez que para obtenção desses resultados, a quantidade de resina removida de um lado tem de ser idêntica à removida no lado oposto (Lim et al., 2013).

Aquino et al. (2015) preencheram os canais com uma solução de azul de metileno a 2%, introduzida com recurso a uma seringa plástica de 3mL e uma agulha de 30G, de modo a facilitar a visualização dos canais, antes da sua instrumentação. Ainda antes de iniciar a instrumentação, o corante foi removido com hipoclorito de sódio a 0,9%. Foi feito o

registo fotográfico antes e depois da instrumentação e as imagens inseridas num programa de análise de imagem, através do qual foram feitas as medições e comparações necessárias à obtenção de resultados (Aquino et al., 2015).

Também Silva (2016) optou pelo registo fotográfico como meio de avaliar a capacidade de centralização dos sistemas de instrumentação. Foram tiradas imagens estereomicroscópicas de cada bloco, as quais foram introduzidas num programa de análise de imagem, que dividiu os canais em segmentos retos e curvos e analisou a quantidade de resina removida (Silva et al., 2016).

4.2 Avaliação por registo radiográfico

Veltri et al. (2005) realizaram radiografias pré e pós-operatórias, cujo contraste foi aumentado pela injeção de um contraste de intensidade média, de modo a comparar a anatomia dos canais através da sobreposição de imagem. As medições foram realizadas em cinco pontos diferentes em todos os canais, pré e pós-operatoriamente, nas faces interna e externa da curvatura. O primeiro ponto de medição correspondeu ao orifício coronal; o segundo ponto de medição foi realizado a meio do início da curvatura do canal; a terceira medição foi feita no início da curvatura; a quarta foi realizada no ponto onde os longos eixos das porções coronal e apical se interseccionam e finalmente, a última medição foi realizada no ponto onde a preparação termina, isto é, no ápex. Ambos os sistemas se mostraram eficazes na instrumentação de canais curvos, apresentando uma boa capacidade de centralização, com ausência de fratura dos instrumentos. O sistema Mtwo® mostrou-se eficaz na instrumentação de canais curvos, apresentando uma remoção homogénea de dentina e uma boa capacidade de centralização, não tendo havido fratura de nenhum instrumento nem registo de aberrações iatrogénicas nos canais (Veltri et al., 2005).

Num outro estudo de D'Amario et al. (2017), foram tiradas radiografias dos dentes, de modo a fazer a comparação da anatomia dos canais antes e depois de instrumentados, mantendo no seu interior uma lima manual K de tamanho 10. Essas imagens foram introduzidas num programa de análise de imagem, Adobe Photoshop CS5 (Adobe Systems Inc, San Jose, CA, USA) e posteriormente no programa AutoCAD 2006 (Autodesk Inc., San Rafael, CA, USA). Fizeram as medições e comparações dos canais com recurso a este programa (D'Amario et al., 2017).

Também no estudo de Schäfer & Vlassis (2004), para fazer o registo da anatomia dos canais antes e após instrumentação, foram tiradas radiografias antes e depois da instrumentação, inseridas num programa de análise de imagem, através do qual foram feitas as devidas medições. Depois da avaliação da centralização, com recurso ao programa de análise de imagem, as raízes foram cortadas longitudinalmente e foi avaliada e quantificada a quantidade de detritos e *smear-layer*, para avaliar a qualidade da limpeza dos canais (Schäfer & Vlassis, 2004).

Num outro trabalho, de S. Bürklein et al. (2012), os investigadores recorreram também à realização de radiografias radiculares antes e após a instrumentação, de modo a comparar as diferenças dos canais depois da utilização dos sistemas. Antes da realização das radiografias, as raízes foram inseridas em blocos feitos a partir de um material de impressão de silicone, com vista a assegurar a estabilidade e padronização da técnica radiográfica, colocando uma lima manual K número 15 no interior dos canais, antes da realização da radiografia. Concluíram que os sistemas não apresentaram diferenças estatisticamente significativas, no que diz respeito à capacidade de centralização notando, porém que o sistema rotatório Mtwo® foi o que mostrou melhores resultados no que diz respeito à limpeza e desinfeção dos canais (S. Bürklein et al., 2012).

Também na investigação de Saberi & Aramesh (2018), os investigadores optaram por utilizar radiografias prévias e posteriores à instrumentação, obtidas com recurso a CBCT, as quais foram inseridas num programa de análise de imagem e comparadas. Os principais pontos de medição dos canais foram estabelecidos a 3, 6 e 9mm do ápex, em todas as raízes, independentemente do seu grau de curvatura, por serem os pontos onde, de uma forma geral, as curvaturas são mais marcadas, revelando-se como bons indicadores da capacidade de centralização dos sistemas (Saberi & Aramesh, 2018).

Num outro trabalho semelhante, de Elnaghy & Elsaka (2014), os resultados foram avaliados com radiografias de CBCT sobre as quais foram feitas as medições para aferir os parâmetros a avaliar. Através das imagens de CBCT, os investigadores selecionaram três pontos nos quais acharam mais relevante fazer as medições, sendo eles: a 3mm, a 5mm e a 7mm do ápex radicular. As medições foram realizadas nestes pontos uma vez que representam as regiões dos terços coronal, médio e apical, respetivamente, em que a

curvatura da raiz tende a ser mais acentuada. O grupo em que não foi previamente estabelecida uma via de permeabilização foi aquele em que se registou uma maior remoção de dentina radicular, o que pode resultar num enfraquecimento excessivo da mesma. No entanto, no que diz respeito à capacidade de centralização, não houve diferenças significativas entre os grupos, ainda que o que tenha mostrado melhores resultados seja aquele em que se associou a criação de uma via de permeabilização com instrumentos rotatórios à posterior preparação com o sistema Protaper Next™ (Elnaghy & Elsaka, 2014b).

4.3 Avaliação com Micro-CT

No estudo levado a cabo por Cui et al. (2018), para análise de resultados, foi feita a digitalização e registo dos dentes e modelos pré e pós instrumentação, com recurso a Micro-CT e um outro programa de análise de imagem (VG2.2), que mediu os volumes e áreas dos canais, tendo sido feita a comparação dos resultados antes e após utilização das limas. Previamente à sua instrumentação, os canais dos dentes naturais e dos modelos tridimensionais dos mesmos não apresentavam diferenças estatisticamente significativas, tendo o mesmo sido verificado após instrumentação com ambos os sistemas, o rotatório e o reciprocante, no que diz respeito à anatomia final dos canais e ao transporte apical. Verificaram ainda, que em ambos os grupos havia áreas dos canais que não tinham sido instrumentadas, não sendo devidamente alcançadas pelas limas, quer nos dentes naturais, quer nos seus duplicados. Assim, puderam inferir que os modelos tridimensionais são bons modelos experimentais para estudos dentro desta área, tendo concluído que ambos apresentavam semelhantes resultados pré e pós-instrumentação. Quanto aos sistemas estudados, os autores concluíram que o sistema Protaper Next™ mostrou superior capacidade de centralização e menor transporte apical que o seu oponente, mesmo em canais com dupla curvatura (Cui et al., 2018).

De seguida será apresentada a Tabela 1, na qual é feita uma síntese das metodologias de avaliação da capacidade de centralização por autor e ano.

Tabela 1- Metodologias de avaliação da capacidade de centralização

Autor	Ano	Método de avaliação de capacidade de centralização
Schäfer & Vlassis	2004	Radiografias pré e pós-operatórias Programa de análise de imagem

Autor	Ano	Método de avaliação de capacidade de centralização
		Cálculo da capacidade de centralização
Veltri et al.	2005	Radiografias pré e pós-operatórias + corante Sistema de análise de imagem com sobreposição + medição
Schäfer et al.	2006a	Fotografias pré e pós-operatórias Programa de análise de imagem com sobreposição + medição
Bonaccorso et al.	2009	Fotografias pré e pós-operatórias + corante Microscópio com sobreposição + medição
Bürklein et al.	2012	Radiografias pré e pós-operatórias Programa de análise de imagem e sobreposição + medição
Lim et al.	2013	Fotografias pré e pós-operatórias Programa de análise de imagem com sobreposição Cálculo da capacidade de centralização com fórmula $(X1 - X2)/Y$
Elnaghy & Elsaka	2014	Radiografias pré e pós-operatórias Programa de análise de imagem e sobreposição + medição
Bürklein & Schäfer	2014	Fotografias pré e pós-operatórias Programa de análise de imagem com sobreposição + medição
Wu et al.	2015	Fotografias pré e pós-operatórias + corante Sistema de análise de imagem com sobreposição + medição
Aquino et al.	2015	Fotografias pré e pós-operatórias + corante Sistema de análise de imagem com sobreposição + medição
Hiran-us et al.	2016	Fotografias pré e pós-operatórias Sistema de análise de imagem com sobreposição + medição
Silva et al.	2016	Fotografias pré e pós-operatórias Sistema de análise de imagem com sobreposição + medição
Troiano et al.	2016	Fotografias pré e pós-operatórias + corante Sistema de análise de imagem com sobreposição + medição
D'Amario et al.	2017	Radiografias pré e pós-operatórias Programa de análise de imagem e sobreposição + medição
Cui et al.	2018	Digitalização com Micro-CT Programa de análise de imagem + medição
Saberi & Aramesh	2018	Radiografias pré e pós-operatórias

Autor	Ano	Método de avaliação de capacidade de centralização
		Programa de análise de imagem e sobreposição + medição

5. Estudos comparativos de avaliação de capacidade de centralização de diferentes sistemas de instrumentação mecanizada

Foram avaliados vários estudos realizados com vista a avaliar a capacidade de centralização de diversos sistemas de instrumentação. De modo a ajudar a construir o modelo de estudo, estes trabalhos foram analisados e foi resumida a metodologia aplicada, para fundamentar a metodologia do estudo a realizar.

Os estudos de avaliação da capacidade de centralização são realizados desde a introdução dos sistemas de instrumentação mecanizada e têm sofrido inúmeras alterações ao longo dos anos. Nessa medida, seria relevante selecionar estudos mais recentes e que recorrem a metodologias mais atuais, que podem ser utilizadas na experiência a realizar. Como tal, foram selecionados os trabalhos realizados a partir de 2004.

No estudo realizado por Hiran-us et al. (2016), foram utilizados trinta blocos de resina contendo canais simulados de dupla curvatura. Foi estabelecida uma via de permeabilização com uma lima manual K de tamanho 10, de forma a assegurar um trajeto reprodutível para as limas rotatórias e avaliaram os sistemas Protaper Next™ e iRace™.

No sistema Protaper Next™ foram utilizadas as limas Sx, S1 e S2 e cada instrumento foi usado apenas uma vez, de forma a não influenciar os resultados obtidos pelo eventual desgaste dos mesmos. A irrigação foi feita com água e a lubrificação do canal com uma mistura de peróxido de carbamida a 10% e EDTA a 15%. Os investigadores apontaram como limitação do trabalho a utilização de blocos de resina ao invés de dentes naturais previamente extraídos, referindo que blocos de resina com canais simulados “S” não refletem por completo a situação clínica, uma vez que a dureza da resina é muito inferior à da dentina, porém permitem a padronização da técnica e a remoção das variáveis anatómicas presentes nos dentes humanos. Verificaram que o sistema iRace™ mostrou melhores resultados (Hiran-us et al., 2016).

Um outro trabalho foi também realizado com o objetivo de avaliar a capacidade de centralização, espessura de dentina radicular removida e transporte apical do sistema

Protaper Next™, com e sem preparação prévia de uma via de permeabilização. Os investigadores pretendiam não só avaliar a segurança e qualidade da preparação obtida com este sistema, como também a influência da preparação de uma via de permeabilização nos resultados. Para tal recorreram à utilização de sessenta primeiros molares mandibulares e selecionaram apenas as raízes com curvaturas de 25 a 35°, consideradas curvaturas marcadas. Separaram as raízes em 3 grupos de 20 elementos cada e instrumentaram-nas segundo as instruções do fabricante. Em dois dos grupos foi criada uma via de permeabilização e no terceiro o sistema foi usado sem o seu estabelecimento prévio. Neste estudo cada lima foi utilizada apenas três vezes e a irrigação realizada com hipoclorito de sódio a 5,25% e posteriormente EDTA a 17%, durante três minutos. Concluíram que era alcançada uma melhor capacidade de centralização com via de permeabilização prévia (Elnaghy & Elsaka, 2014b).

Num outro estudo, realizado por Plotino et al. (2007) com o intuito de comparar a quantidade de dentina removida através das técnicas de instrumentação pela técnica simultânea e pela técnica de *crown-down*, a instrumentação foi levada a cabo por um clínico experiente. Os investigadores deram ênfase à experiência do operador, reconhecendo tratar-se de um ponto muito importante nos estudos sobre capacidade de centralização, quer seja experiência na prática endodôntica no geral, quer com o sistema a estudar. Os canais foram irrigados entre cada instrumento com 2,5mL de hipoclorito de sódio a 5,25%, com recurso a uma seringa endodôntica (Navi Tip: Ultradent Products Inc.. South Jordan, UT, USA). Os investigadores concluíram não haver diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos estudados, em raízes de molares mandibulares, o que sugerem poder estar associado a um tamanho de amostra insuficiente e às diferenças anatómicas dos dentes selecionados (Plotino et al., 2007).

Na investigação levada a cabo por Veltri et al. (2005), foi comparada a capacidade de centralização de dois sistemas de instrumentação mecanizada rotatórios, entre eles o sistema Mtwo®, em canais com curvaturas acentuadas. Foram utilizadas trinta raízes de molares mandibulares, com curvaturas compreendidas entre os 24° e os 69°. Estas raízes foram divididas uniformemente em dois grupos, um dos quais instrumentado com o sistema Mtwo® e o outro com o sistema Endoflare-Hero Shaper®. Cada instrumento foi

utilizado até cinco vezes e a instrumentação foi realizada por um operador experiente e não houve diferenças significativas entre os sistemas (Veltri et al., 2005).

O trabalho realizado por Schäfer (2006a) visou avaliar a capacidade de centralização do sistema Mtwo®. Para tal, os investigadores utilizaram sessenta blocos de resina, com os canais coloridos e com curvaturas pré-definidas de 28° e 35° e compararam este sistema com dois sistemas já estabelecidos e estudados à data da sua realização. Foram divididos em três grupos de 20 blocos cada. O sistema Mtwo® foi utilizado com a técnica recomendada pelo fabricante, em que todos os instrumentos são introduzidos desde logo ao comprimento de trabalho, enquanto os outros sistemas, Race™ e K3™ foram utilizados com recurso à técnica de *crown-down*, na qual os instrumentos são introduzidos progressivamente, sendo primeiro feito um alargamento do terço coronal, seguido do terço médio e só depois se alcança o comprimento de trabalho. Antes da sua introdução nos canais, cada instrumento foi lubrificado com glicerina e a irrigação dos canais feita com água, tal como aconteceu no estudo de Bürklein & Schäfer (2012), que recorreu à água bidestilada como irrigante. Cada instrumento foi utilizado apenas quatro vezes, de modo a prevenir a sua fratura por fadiga cíclica ou a diminuição do seu desempenho e só foi feita a instrumentação de seis canais de cada vez, de forma a diminuir o cansaço do operador e a sua familiarização com a anatomia dos mesmos. Verificaram que o sistema Mtwo® apresentou superior capacidade de centralização (Schäfer et al., 2006a).

Já o trabalho de Schäfer et al. (2006b), focou-se em aferir a capacidade de limpeza e desinfeção de canais com os sistemas Mtwo®, em comparação com dois outros sistemas previamente estabelecidos, RaCe™ e K3™. Analisaram variáveis tais como presença e quantidade de detritos e qualidade de *smear layer*, procurando ainda avaliar como a instrumentação afetava a curvatura dos canais. Neste estudo foram utilizados sessenta canais de molares mandibulares, com curvaturas compreendidas entre 25° e 35°. Estes canais foram distribuídos em três grupos de vinte canais cada, cada um instrumentado com um dos sistemas. O comprimento de trabalho foi aferido com o instrumento inicial da preparação, de tamanho 10, até ao forâmen apical, e removendo posteriormente 1mm. Cada instrumento foi inserido até ao comprimento de trabalho e o clínico só utilizou o seguinte instrumento da sequência quando o prévio tinha negociado o canal em todo o comprimento de trabalho, livre de interferências e todos foram utilizados com a

velocidade e o torque indicados pelo fabricante, de modo a não incluir outras variáveis que pudessem condicionar a instrumentação. Os investigadores verificaram que nenhum instrumento se fraturou no decorrer deste estudo nem houve nenhum canal completamente limpo, tendo os melhores resultados sido alcançados com o sistema Mtwo®. Estes instrumentos mantiveram a anatomia dos canais, com boa capacidade de centralização e o melhor tempo de trabalho de todos os sistemas (Schäfer et al., 2006b).

Devido à falta de estudos realizados nesse sentido, o seguinte trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar as características de superfície das limas dos sistemas Protaper Universal® e Protaper Next™, antes e depois de serem usadas na instrumentação de canais curvos. O principal objetivo foi aferir a natureza das irregularidades de superfície e o seu impacto no risco de fratura dos instrumentos. Das oitenta limas utilizadas na realização deste estudo, apenas as do sistema Protaper Universal® fraturaram e sofreram deformações permanentes. As limas foram observadas com recurso a microscopia eletrónica de varrimento e puderam concluir que todas possuíam irregularidades superficiais prévias à sua introdução nos canais. Após sua utilização verificou-se um aumento da acumulação de detritos e a formação de linhas de fratura e pequenas rachas, acompanhadas de defeitos nas arestas cortantes de ambos os sistemas de limas. Com base nos resultados obtidos, os investigadores concluíram que estas irregularidades eram determinantes na acumulação de detritos e iniciação e propagação de linhas de fratura. Uma das explicações que propõem para as diferenças de resultados obtidos entre os dois sistemas e os resultados muito superiores obtidos pelo sistema Protaper Next™ é a liga da qual estes instrumentos são fabricados. Estas limas são feitas a partir de liga de níquel-titânio “M-wire”, que apresenta superior força, flexibilidade e resistência à fratura. O grão que compõe esta liga é menor comparativamente com a clássica liga de níquel-titânio, sendo outro fator responsável pelas suas propriedades superiores (Bennett et al., 2017).

Um outro estudo, realizado por Cui et al. (2018), teve como objetivo avaliar a capacidade de centralização e a presença de transporte apical em modelos tridimensionais de resina e dentes naturais, tendo sido avaliados os sistemas Protaper Next™ e WaveOne®. Os autores avaliaram uma nova metodologia de estudo, que passa por fazer a impressão tridimensional em resina, de dentes naturais e comparar os resultados obtidos nesses modelos e nos dentes naturais. Para tal, selecionaram molares e pré-molares maxilares

previamente extraídos, cujos critérios de seleção incluíam completa maturação apical e ausência de tratamento endodôntico. Realizaram radiografias, segundo várias orientações, que passaram para o programa de impressão tridimensional, de modo a assegurar que os modelos impressos fossem o mais idênticos possível aos dentes naturais. Tanto os dentes naturais como os modelos tridimensionais em resina foram instrumentados utilizando um motor com 300rpm e torque de 3Ncm. Para garantir que os canais eram permeáveis, foi estabelecida uma via de permeabilização com uma lima manual K, de tamanho 10, tendo esta sido também usada para estabelecer o comprimento de trabalho. O comprimento de trabalho foi obtido pela remoção de um milímetro à distância entre o ponto de referência coronal e o ápex e todo o processo foi realizado com recurso a microscópio. Verificaram não haver diferenças significativas entre ambos os sistemas estudados (Cui et al., 2018).

O trabalho experimental de Wu (2015) comparou a capacidade de centralização em blocos de resina com canais simulados em “S” e em “L”, de três sistemas de instrumentação mecanizada, sendo eles o sistema Protaper Next™, Protaper Universal® e WaveOne®. Utilizaram trinta blocos com canais simulados de cada tipologia e distribuíram-nos aleatoriamente por seis grupos de dez, instrumentando cada grupo de cada tipologia de canais com os diferentes sistemas. O comprimento de trabalho foi estabelecido com uma lima manual K de tamanho 10 e foi criada uma via de permeabilização com esta lima e duas outras limas mecanizadas rotatórias, específicas para esse fim. Quanto ao transporte apical, o sistema Protaper Next™ foi o que mostrou os melhores resultados, tanto nos canais simulados em “L” como nos canais em “S”. Os investigadores verificaram que nos canais em “S”, ou seja, com dupla curvatura, todos os sistemas mostraram elevada tendência à retificação da curvatura dos canais. No que diz respeito à capacidade de centralização, o sistema Protaper Next™ foi também o que mostrou os melhores resultados, especialmente nos canais simulados em “L”, cuja curvatura ronda os 30°. Já nos canais simulados em “S”, todos os sistemas mostraram tendência à retificação da curvatura, porém, foi este o sistema que apresentou os melhores resultados em todos os terços do canal, à exceção do terço apical, no qual não houve diferenças estatisticamente significativas entre os sistemas. Os investigadores concluíram que o sistema Protaper Next™ é seguro e apresenta boa capacidade de centralização, mesmo em canais com dupla curvatura. Porém, ressaltam a especial importância do terço

apical, no qual até estas limas têm tendência a retificar a curvatura, não respeitando completamente a anatomia original do canal (Wu et al., 2015).

Troiano et al. (2016), tiveram por objetivo comparar a capacidade de centralização dos sistemas Protaper Next™ e WaveOne®, em canais simulados com conformação em “J”. A escolha destes sistemas prendeu-se com o facto de serem fabricados a partir da mesma liga, “M-wire”, caracterizada por uma flexibilidade superior e uma maior resistência à fratura por fadiga cíclica. Foram utilizados quarenta blocos, igualmente distribuídos por ambos os sistemas, perfazendo um total de dois grupos de vinte blocos cada. O comprimento de trabalho foi estabelecido com recurso a uma lima manual K de tamanho 10 e a via de permeabilização com um conjunto de limas mecanizadas rotatórias destinadas a esse fim (Sistema PathFile®, Dentsply, Maillefer).

A lubrificação dos instrumentos foi conseguida com recurso a EDTA em gel (Glyde, Dentsply Maillefer) e a irrigação dos canais foi realizada com hipoclorito de sódio (NaOCl) a 2,5%. Foi utilizado um conjunto de novos instrumentos para cada canal, de modo a que os resultados não fossem enviesados pelo desgaste dos mesmos (Troiano et al., 2016). Os investigadores contemplaram vários aspetos diferentes no que diz respeito ao desempenho dos sistemas, sendo eles a capacidade de centralização, a quantidade de resina removida, de modo a extrapolar os resultados para a quantidade de dentina que estimava que os sistemas removessem numa situação clínica e a fratura dos instrumentos. Não foi reportada a fratura de nenhum instrumento e a quantidade de resina removida foi medida nas faces interna e externa da curvatura. Verificaram que o sistema Protaper Next™ removeu resina de forma mais homogénea, em ambas as faces da curvatura e que teve a remoção mais conservadora, face ao sistema oponente. Concluíram, assim, que o sistema Protaper Next™ é seguro e tem uma melhor capacidade de centralização do que o sistema WaveOne Classic®, ainda que ressaltem que o estudo apresenta limitações e, como tal, os resultados podem não ser exatamente os mesmos do que seriam em situação clínica (Troiano et al., 2016).

O seguinte estudo foi realizado para comparar dois sistemas reciprocantes de instrumento único, em canais curvos. Uma vez que este trabalho é sobre sistemas de instrumentos mecanizados rotatórios, deste estudo serão apenas retiradas as informações referentes à metodologia da experiência. Quanto à metodologia da investigação, é de referir que

utilizaram molares previamente extraídos e preservados numa solução de 0,2% de timol e que, durante a instrumentação, a irrigação dos canais foi realizada com hipoclorito de sódio a 5%. Os investigadores concluíram não haver diferenças significativas no desempenho dos sistemas estudados (D’Amario et al., 2017).

A investigação de Sebastian Bürklein et al. (2014) foi feita com o intuito de avaliar a capacidade de centralização de sistemas de instrumentação recíprocante. Como tal, foi utilizada apenas para recolher exemplos de metodologia, que possam ser aplicados ao estudo a desenvolver. Pretendeu avaliar a capacidade de centralização de sistemas recíprocantes com e sem estabelecimento prévio de uma via de permeabilização. Utilizaram cento e vinte blocos de resina com canais simulados em “S” e dividiram-nos igualmente pelos diferentes sistemas de limas. Os investigadores não encontraram diferenças estatisticamente significativas entre a utilização ou não de via de permeabilização, na capacidade de centralização e retificação da curvatura dos canais (Sebastian Bürklein et al., 2014).

Também o estudo de Lim (2013) foi realizado com vista a avaliar a capacidade de centralização de sistemas de instrumentação recíprocante, em blocos de resina com canais simulados com curvaturas acentuadas, com e sem criação de uma via de permeabilização. Neste caso, porém, como já sugeridos em outras investigações, verificaram que os sistemas mostraram melhor capacidade de centralização, com estabelecimento prévio de via de permeabilização (Lim et al., 2013).

O estudo seguinte foi igualmente realizado com o intuito de avaliar a capacidade de centralização do sistema de instrumentação Protaper Next™, em comparação com o seu predecessor Protaper Universal® e dois sistemas recíprocantes, Reciproc® e WaveOne®. Para tal fim, recorreram a quarenta blocos de resina com canais curvos, que distribuíram em quatro grupos, cada um dos quais atribuído a um dos sistemas. Em todos os blocos foi estabelecida uma via de permeabilização com limas manuais K de tamanhos 10 e 15 (Dentsply Maillefer) e todos foram instrumentados pelo mesmo clínico experiente, tendo os canais sido irrigados com um mililitro de água destilada. O sistema Protaper Next™ foi utilizado com velocidade de 300rpm e torque de 2Ncm. Concluíram que o sistema Protaper Next™ provocou significativamente menos transporte apical do

que os demais sistemas, porém, o sistema Reciproc®, sob as condições deste estudo, mostrou superior capacidade de centralização (Silva et al., 2016).

Na investigação de Schäfer & Vlassis (2004), foram utilizadas quarenta e oito raízes, com curvaturas compreendidas entre os 25° e os 35°, para aferir a capacidade de centralização e de limpeza dos sistemas Protaper Universal® e RaCe™, em canais severamente curvados de molares mandibulares e maxilares previamente extraídos. As raízes foram divididas em dois grupos e os canais irrigados com hipoclorito de sódio a 2,5%, entre a introdução de cada instrumento. Os investigadores concluíram que o sistema RaCe™ produziu um canal consideravelmente bem centrado, e razoavelmente bem limpo, em comparação com o sistema Protaper®, que apresentou piores resultados (Schäfer & Vlassis, 2004).

Um outro estudo, realizado por Bürklein (2012) e a sua equipa, comparou a capacidade de centralização e limpeza de dois sistemas rotatórios e dois sistemas recíprocos, em canais com curvaturas acentuadas. Compararam os sistemas Reciproc® e WaveOne® com os sistemas Mtwo® e Protaper Next™. Para tal, utilizaram oitenta raízes de molares previamente extraídos, com canais com angulações compreendidas entre os 25° e os 39°. Essas raízes foram divididas uniformemente pelos quatro grupos, após a realização de radiografias que permitiram ver a anatomia e curvatura dos canais, de modo a que nenhum dos grupos ficasse com canais mais complexos e outro com canais mais facilmente instrumentáveis e concluíram não haver diferenças significativas (S. Bürklein et al., 2012).

Um outro estudo, *ex vivo*, recorreu à utilização de canais mesiovestibulares de primeiros molares mandibulares, extraídos por motivos de doença periodontal ou por necessidade ortodôntica, para a avaliação do transporte dos canais, com os sistemas de instrumentação Protaper Universal®, RaCe™ e Sendoline™. As raízes foram homoganeamente divididas em três grupos, sendo apenas selecionadas aquelas com curvaturas compreendidas entre os 20 e os 40° e cujos canais não tivessem conformação em “S” ou em “C”, e o comprimento de trabalho foi determinado com uma lima manual K, número 10, tendo o operador descido a lima até ao ápex e removido 1mm. Os investigadores não encontraram diferenças significativas entre os sistemas estudados (Saberri & Aramesh, 2018).

Finalmente, no estudo realizado por Aquino et al. (2015), com o objetivo de avaliar a capacidade de centralização de um sistema rotatório com um sistema recíprocante, os investigadores recorreram a trinta blocos de resina com canais simulados em “J”. O comprimento de trabalho foi obtido com uma lima C-pilot número 10, que foi descida até ao ápex e, à medida obtida, os investigadores retiraram, como visto em muitos outros estudos, 1mm. Compararam os sistemas Reciproc® e Mtwo® e concluíram que ambos os sistemas mostraram uma semelhante capacidade de centralização, sendo que nenhum deles preparou canais livres de desvios e irregularidades, ainda que no geral, tenham mostrado um desempenho bastante satisfatório (Aquino et al., 2015).

De seguida será apresentada a Tabela 2, onde é feita uma sistematização dos estudos enumerados acima, organizados pelo ano da sua realização, com os respetivos resultados obtidos, quanto à capacidade de centralização.

Tabela 2 - Estudos comparativos de avaliação da capacidade de centralização

Autor	Ano	Sistemas NiTi	Método	Resultados (capacidade de centralização)
Schäfer & Vlassis	2004	Protaper® e RaCe™	Molares naturais	RaCe™ com capacidade de centralização superior.
Veltri et al.	2005	Endoflare-hero Shaper® e Mtwo®	Molares naturais	Sem diferenças significativas
Schäfer et al.	2006a	Mtwo®, K3™ e RaCe™	Canais simulados em blocos de resina	Mtwo® com resultados superiores
Bonaccorso et al.	2009	Protaper®, Mtwo®, BioRaCe™ e BioRaCe™ + S-Apex	Canais simulados em blocos de resina	BioRaCe™ + S-Apex com resultados superiores

Autor	Ano	Sistemas NiTi	Método	Resultados (capacidade de centralização)
Bürklein et al.	2012	Reciproc®, WaveOne®, Protaper® e Mtwo®	Molares naturais	Sem diferenças significativas
Lim et al.	2013	Reciproc® e WaveOne®	Canais simulados em blocos de resina	Sem diferenças significativas
Elnaghy & Elsaka	2014	Protaper Next™ (com e sem via de permeabilização)	Molares naturais	Melhor capacidade de centralização com via de permeabilização
Bürklein & Schäfer	2014	Reciproc®, WaveOne®, F360™, HyflexCM® e OneShape®	Canais simulados em blocos de resina	Sem diferenças significativas
Wu et al.	2015	Protaper Universal®, WaveOne® e Protaper Next™	Canais simulados em blocos de resina	Protaper Next™ com resultados superiores
Aquino et al.	2015	Reciproc® e Mtwo®	Canais simulados em blocos de resina	Sem diferenças significativas
Hiran-us et al.	2016	Protaper Universal®, Protaper Next™ e iRace™	Canais simulados em blocos de resina	iRace™ com resultados superiores
Silva et al.	2016	Protaper Next™, Protaper Universal®,	Canais simulados em	Reciproc® com resultados superiores

Autor	Ano	Sistemas NiTi	Método	Resultados (capacidade de centralização)
		Reciproc® WaveOne®	e blocos de resina	
Troiano et al.	2016	Protaper Next™ WaveOne®	e Canais simulados em blocos de resina	Protaper Next™ com resultados superiores
D’Amario et al.	2017	One Shape®, Reciproc® Waveone®	Molares naturais e	Sem diferenças significativas
Cui et al.	2018	Protaper Next™ WaveOne®	e Molares e pré-molares naturais e modelos 3D em plástico	Sem diferenças significativas
Saberi & Aramesh	2018	Protaper Universal®, RaCe™, Sendoline™	Molares naturais	Sem diferenças significativas

6. Sistemas de instrumentação selecionados - Sistemas Mtwo®, Protaper Next™ e Rotate®

Neste trabalho, será dado especial enfoque a três sistemas de instrumentação mecanizada rotatória, sendo eles os sistemas Mtwo® (VDW GmbH, München, Germany), Protaper Next™ (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), e Rotate® (VDW GmbH, München, Germany). Estes três sistemas foram selecionados pois apresentam características semelhantes, tais como o facto de serem sistemas de rotação contínua e de incluírem uma lima com o mesmo diâmetro de ponta e conicidade, permitindo uma comparação direta em termos de desempenho.

6.1 Protaper Next™ (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)

O sistema Protaper Next™ foi introduzido no mercado em 2013, trazendo várias melhorias e vantagens face a muitos dos sistemas até então utilizados (Hiran-us et al., 2016).

O sistema Protaper Next™ foi apresentado como sucessor do sistema Protaper Universal®, utilizado durante vários anos e considerado, até à altura, como um sistema eficiente e que produzia resultados favoráveis. O sistema Protaper Next™ é fabricado com ligas de “M-Wire” e uma secção transversal com um desenho quadrangular irregular. Esta secção transversal resulta em que apenas duas faces cortantes da lima contactem simultaneamente com as paredes de dentina do canal, à medida que se faz a progressão apical. Para além destas características, revela maior flexibilidade e resistência à fratura por fadiga cíclica, bem como menos ocorrência de fratura de instrumentos face ao seu predecessor, Protaper Universal® (Elnaghy & Elsaka, 2014a).

As limas Protaper Next™ apresentam uma secção transversal retangular e uma rotação assimétrica que visa alcançar uma preparação e ação de centralização superiores. A secção transversal está associada, segundo o fabricante, a um aumento da força de corte das limas e os investigadores especulam que, o facto de essa secção assegurar menos pontos de contacto simultâneos com as paredes do canal pode estar associado com a sua superior resistência à fratura (Elnaghy & Elsaka, 2014a). O desenho destes instrumentos visa aumentar a força de corte do instrumento enquanto reduz os pontos de contacto do mesmo com as paredes de dentina radicular. A redução dos pontos de contacto simultâneos ajuda a diminuir o risco de fratura das limas, bem como a sua rotação assimétrica (Elnaghy & Elsaka, 2014b).

Uma outra característica destes instrumentos que melhora o seu desempenho é o facto de serem produzidas a partir de uma liga “M-wire”, que lhes confere superiores flexibilidade e resistência à fratura por torção e fadiga cíclica (Elnaghy & Elsaka, 2014a).

A superior resistência à fratura está associada às propriedades desta liga, que, por promover um aumento da flexibilidade, associada ao desenho das limas, que diminuí os seus contactos com a dentina radicular, dificultam que a lima se prenda nas paredes do canal (Elnaghy & Elsaka, 2014b).

Esta flexibilidade e superiores propriedades, permitem que seja um sistema útil na abordagem de canais com dupla curvatura (Hiran-us et al., 2016).

Ao contrário do que acontecia com o seu sistema predecessor, Protaper Universal®, que era constituído por seis instrumentos diferentes, o sistema Protaper Next™ permite obter os mesmos resultados com o recurso a apenas três limas.

O sistema Protaper Universal® era composto por instrumentos destinados a diferentes áreas do canal. Para as porções coronal e média, eram utilizadas as limas Sx, S1 e S2 e para a porção apical as limas F1, F2 e F3. Já o seu sucessor, Protaper Next™ permite obter os mesmos resultados com apenas três instrumentos, sendo eles X1, X2 e X3 (Uygun et al., 2016).

Num estudo realizado para aferir o comportamento e propriedades mecânicas destes instrumentos, os investigadores concluíram que possuíam superior resistência à fratura por torção e que eram úteis na instrumentação de canais de diâmetros diminutos e curvaturas acentuadas (Elnaghy & Elsaka, 2014a). Assim, o sistema Protaper Next™ revela-se como uma boa alternativa em canais com anatomia mais complexa, mantendo a curvatura dos canais e apresentando uma boa capacidade de centralização (Hiran-us et al., 2016).

6.2 Mtwo® (VDW GmbH, München, Germany)

De todos os sistemas enunciados, o sistema Mtwo® foi o primeiro a surgir, apresentando-se na altura como um sistema com um desenho de limas atípico, com uma secção transversal em “S”. Este desenho das limas permite que cada lima crie uma via de permeabilização para o instrumento que se lhe segue e permite ainda uma instrumentação de cada instrumento desde a câmara pulpar até ao ápex. As arestas cortantes tornam-se mais próximas desde a base até à ponta da lima, o que permite que tenha um corte eficiente em coronal e mais suave em apical, reduzindo a remoção de dentina em excesso, a acumulação de detritos e a frequência com que as limas prendem dentro do canal (Veltri et al., 2005).

Na revisão sistemática realizada por Gavini et al. (2018), foram incluídos diversos estudos referentes à capacidade de centralização deste sistema e todos concluíram que era eficiente e rápido a preparar canais com anatomias desde de mais simples a mais complexas, mantendo de forma adequada a curvatura dos canais (Gavini et al., 2018).

O sistema Mtwo® é fabricado com uma liga de níquel-titânio muito elástica e flexível e tem sido amplamente utilizado ao longo dos anos devido às suas propriedades e ao facto

de promover um menor transporte apical e uma boa capacidade de centralização, mesmo em canais com curvaturas mais marcadas (Ertuğrul & Orhan, 2019).

Apresenta uma secção transversal em “S”, com dupla lâmina e uma ponta inativa, sem ação de corte. Apresentam um ângulo de inclinação positivo e duas arestas de corte, características estas que visam garantir um corte eficaz da dentina radicular. Para além destas características, apresentam ainda um crescente passo das arestas de corte, desde a ponta até ao topo da lima. Este desenho visa assegurar a redução do transporte de detritos e eliminar o risco de que se prendam ao longo da parede de dentina e posteriormente fraturem por torção (Schäfer et al., 2006a ; Ertuğrul & Orhan, 2019).

Os instrumentos do sistema Mtwo® possuem duas lâminas separadas por um sulco. Este desenho promove um aumento da sua flexibilidade e uma diminuição do diâmetro do corpo das limas. A resistência dos instrumentos não parece ser afetada pelo seu contacto reduzido com as paredes do canal. A sua ação de corte é assegurada pelo ângulo ativo e agudo das lâminas de corte, cujo ângulo é praticamente vertical e o *pitch* aumenta desde a ponta até ao topo das limas, assegurando um corte mais suave na zona apical e um corte mais agressivo nos terços médio e coronal. Todas estas características do desenho das limas permitem obter uma ação de corte eficiente associada a uma menor acumulação de detritos e menor risco de fratura (Veltri et al., 2005).

As limas Mtwo® são caracterizadas por duas arestas cortantes e um corpo com diâmetro relativamente pequeno. Quando menor o corpo da lima, maior o espaço entre este e as paredes do canal (Schäfer et al., 2006b).

O sistema Mtwo® é constituído por oito instrumentos, todos eles com tamanhos e conicidades diferentes. Os instrumentos são: tamanho 10, conicidade 0.04; tamanho 15, conicidade 0.05; tamanho 20 com conicidade 0.06; tamanho 25 com conicidades 0.06 e 25 com conicidade 0.07; tamanho 30 com conicidade 0.05; tamanho 35 com conicidade 0.04 e tamanho 40 com conicidade 0.04 (Plotino et al., 2007; Veltri et al., 2005).

A sequência de instrumentos inclui assim, oito limas, de tamanhos entre 10 e 40 e conicidades compreendidas entre 4% e 7% (Schäfer et al., 2006a).

Os instrumentos Mtwo® são utilizados com a chamada técnica simultânea, sem prévio alargamento coronal, sendo cada instrumento levado ao comprimento de trabalho sem exercer pressão ou força apical. Os instrumentos são usados exercendo o movimento de pressão lateral, com vista a remover a quantidade de dentina necessária, assegurando a

obtenção de um corte circunferencial. Todos são levados até ao comprimento de trabalho, sem pressão apical. As limas são introduzidas sequencialmente e, se o clínico sentir que prendem em algum ponto do canal, deve remover o instrumento entre 1 a 2 mm e utilizar movimentos de escovagem contra a parede dentinária onde sentiu essa obstrução, de modo a removê-la e criar um acesso direto para os instrumentos seguintes (Plotino et al., 2007).

Como devem ser introduzidos ao comprimento de trabalho, sem alargamento coronário prévio, estes instrumentos podem estar sujeitos a um maior “stress”. Porém, na eventualidade de haver algum bloqueio à sua progressão, devem ser utilizados com ação de escovagem para que esse bloqueio não condicione o risco da sua fratura. Assim, na eventualidade de o clínico se deparar com alguma obstrução à suave progressão apical das limas, este deve retirar o instrumento alguns milímetros e aplicar uma ação de escovagem contra as paredes do canal, de modo a remover a obstrução e a permitir a progressão apical dos restantes instrumentos. De acordo com o fabricante, esta ação de escovagem pode ser realizada em segurança apenas com os três primeiros instrumentos da sequência (Veltri et al., 2005).

De acordo com as instruções do fabricante, o sistema Mtwo® deve ser utilizado com movimentos de vaivém até ao comprimento de trabalho, sem exercer pressão apical e aplicando alguma ação de escovagem se forem encontradas obstruções à sua passagem suave, desde coronal até ao ápex (Bürklein & Schäfer, 2012 ; Schäfer et al., 2006a).

Este sistema permite, desta forma, obter um alargamento gradual ao longo de todo o comprimento do canal (Veltri et al., 2005).

Um estudo realizado por Schäfer (2006), visou comparar a capacidade de centralização deste sistema, comparando-o com outros dois sistemas de instrumentação rotatória mecanizada e verificaram que o sistema Mtwo® foi o que apresentou melhores resultados quanto à preparação de canais curvos, com boa manutenção da anatomia dos mesmos e menos retificação. Concluíram assim que, estas limas são seguras para instrumentar até quatro canais em molares mandibulares com curvaturas acentuadas (Schäfer et al., 2006b).

6.3 Rotate® (VDW GmbH, München, Germany)

O sistema de instrumentação Rotate® (VDW, GmbH, München, Germany) é um sistema de instrumentação mecanizada rotatória, introduzido no mercado muito recentemente.

Este sistema apresenta um número reduzido de limas e uma elevada flexibilidade atribuída, maioritariamente, ao tratamento térmico a que a liga de níquel-titânio é submetida. Estes instrumentos são produzidos com recurso a uma liga de níquel-titânio chamada de “Blue-wire”. O segmento das limas composto por níquel-titânio apresenta duas cores diferentes, sendo elas um tom azulado na zona da *flute* das limas, isto é, na concavidade entre as arestas cortantes e um tom cinzento prateado nas arestas cortantes. O fabricante atribui as cores distintas à camada de óxido que se forma após o tratamento térmico e à espessura da mesma e conseqüente forma como refletem a luz. Os instrumentos são sujeitos a tratamento térmico numa única sessão e os diferentes segmentos das limas não são sujeitos a diferentes tipos de tratamento térmico, sendo este realizado sobre todo o corpo do instrumento. Quanto à secção transversal, estes instrumentos possuem dupla lâmina em “S” adaptada, cuja posição varia de acordo com o tamanho da lima em questão e que pretende assegurar uma maior eficiência de corte, melhor capacidade de centralização e uma diminuição do efeito de aparafusamento, diminuindo conseqüentemente, o risco de fratura por torção. De acordo com as instruções do fabricante, estes instrumentos devem ser utilizados com uma velocidade de 300 a 400 rpm (rotações por minuto). Este sistema é composto pelas seguintes limas: 15, conicidade 0,04; 20, conicidade de 0,05; 25, com conicidades de 0,04 ou 0,06; 30, com conicidade de 0,04 ou 0,06; 35, igualmente com conicidades de 0,04 ou 0,06; 40, com conicidade de 0,04 ou 0,06 e 50 e 60, com conicidade de 0,04. À data da realização deste estudo, que tinha por objetivo avaliar a fadiga cíclica destes novos instrumentos e compará-la com a de outros sistemas de limas já estabelecidos e bem estudados, ainda não estavam disponíveis outros estudos ou artigos referentes às propriedades mecânicas destes instrumentos. Os investigadores compararam estes instrumentos com os dos sistemas Mtwo®, One Curve® e Twisted File adaptive®, esperando não encontrar diferenças significativas no que concerne à resistência à fratura por fadiga cíclica. Porém, os resultados que obtiveram mostraram que o sistema Rotate® era superior aos demais nesse aspecto, apresentado um número mais elevado de rotações necessárias para que o instrumento fraturasse por fadiga cíclica. Os investigadores enfatizaram a importância deste sistema ser alvo de mais estudos focados noutras características de desempenho das limas, uma vez que aparentam ser em muitos aspetos potencialmente superiores aos sistemas disponíveis à data (Ertuğrul & Orhan, 2019).

III. DESENHO EXPERIMENTAL DO PROJETO DE INVESTIGAÇÃO

1. OBJETIVO

Como previamente referido, este trabalho visa fazer o planeamento de um estudo para avaliar a capacidade de centralização de diferentes sistemas de instrumentação mecanizada rotatórios, utilizando blocos de resina transparentes, com canais que simulam as configurações dos canais “J” e “S”. Os sistemas rotatórios selecionados são Protaper Next™ (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), Mtwo® (VDW GmbH, München, Germany), e Rotate® (VDW GmbH, München, Germany).

2. HIPÓTESES

2.1 Hipótese nula:

H0: Não há diferenças significativas na capacidade de centralização, nos diferentes sistemas de instrumentação mecanizada selecionados.

2.2 Hipótese alternativa:

H1: Há diferenças significativas na capacidade de centralização nos diferentes sistemas de instrumentação mecanizada selecionados.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Com base nos vários trabalhos experimentais estudados, será seguidamente descrito o modelo do projeto a desenvolver.

Os sistemas a utilizar foram selecionados por diversos motivos.

O sistema Rotate® (VDW GmbH, München, Germany) foi recentemente introduzido no mercado e não há estudos publicados sobre o seu comportamento, no que diz respeito à sua capacidade de centralização. Porém, devido ao tratamento térmico a que a liga de níquel-titânio a partir da qual estes instrumentos são produzidos e ao seu desenho, o

fabricante descreve-os como tendo uma maior flexibilidade e facilidade em acompanhar a anatomia dos canais (Ertuğrul & Orhan, 2019).

Como tal, torna-se interessante aferir essas mesmas características, vendo também o seu comportamento mecânico, no que diz respeito ao tempo de trabalho, ocorrência de fraturas e criação de iatrogenia nos canais.

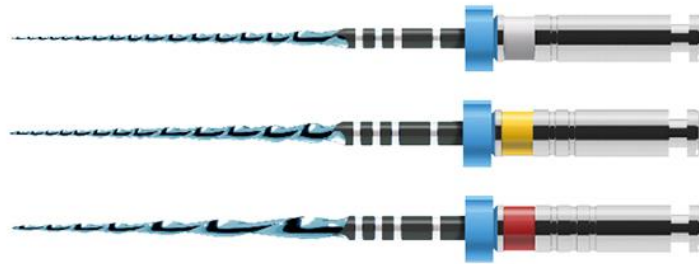


Figura 1 - Limas do sistema Rotate® - 15.0,04; 20.0,05; 25.0,06.

O sistema Mtwo® (VDW GmbH, München, Germany), foi selecionado por estar bem estabelecido no mercado e amplamente descrito em estudos semelhantes. Estes instrumentos apresentam ainda uma secção transversal semelhante ao do sistema Rotate®.

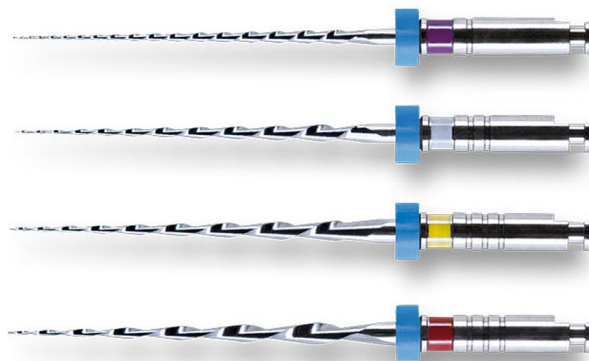


Figura 2 - Limas do sistema Mtwo® - 10.0,04; 15.0,05; 20.0,06; 25.0,06.

Finalmente, o sistema Protaper Next™ (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), foi escolhido por ser um dos mais usados e estudados, estando bem estabelecido entre os clínicos.



Figura 3 - Limas do sistema Protaper Next® - X1, X2, X3, X4 e X5.

Em muitos dos estudos analisados, os investigadores optaram por utilizar blocos de resina com canais simulados, uma vez que permitem uma maior padronização da técnica, eliminando a variabilidade anatómica dos dentes naturais. Como referido anteriormente, estes blocos de resina são amplamente utilizados em estudos de capacidade de centralização e, devido à dificuldade de conseguir uma amostra de dentes naturais suficientemente grande e representativa, neste estudo optar-se-á por utilizar blocos de resina.

De modo a avaliar os sistemas em diferentes tipos de canais, optar-se-á por utilizar blocos com canais simulados em “J” e “S”. Para assegurar uma amostra representativa, serão utilizados cento e cinquenta blocos, setenta e cinco com conformação “J” e setenta e cinco com conformação “S”. Cada tipologia de canais será distribuída igualmente pelos três sistemas, perfazendo um total de seis grupos, com vinte e cinco blocos em cada grupo (n=25).



Figura 4 - Bloco de resina em “J”

3.1 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Com base nas experiências estudadas, optar-se-á por utilizar cada lima de cada sistema apenas três vezes, de modo a que o enfraquecimento e desgaste dos instrumentos não condicione ou envie os resultados (Elnaghy & Elsaka, 2014b).

Todos os sistemas devem ser utilizados até alcançar uma lima equivalente, isto é, se no sistema Protaper Next® se alcançar a lima X2, equivalente a uma lima manual K de tamanho 25, no que concerne ao diâmetro da ponta, também nos sistemas Mtwo® e Rotate® se deve instrumentar até à lima equivalente.

O comprimento de trabalho será determinado com recurso a uma lima manual K de tamanho 10, repetindo o processo para as duas tipologias de canais e a instrumentação será feita de acordo com as indicações do fabricante, no que diz respeito à velocidade e ao torque e será realizada por um só operador (Cui et al., 2018).

A irrigação será feita com água destilada e com recurso a uma seringa endodôntica (Navi Tip: Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, USA), de forma abundante e entre cada instrumento, para que não haja acumulação de detritos e estes bloqueiem o canal ou enfraqueçam os instrumentos (Silva et al., 2016).

3.2 AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA CAPACIDADE DE CENTRALIZAÇÃO

Para registo de resultados, serão tiradas fotografias aos blocos antes e depois da instrumentação. Estas fotografias serão realizadas com uma câmara sobre uma base

estabilizada, de modo a padronizar a técnica e a posição em que os blocos são registados. De forma a melhorar o contraste, será introduzido um corante (azul de metileno) no interior do canal previamente à sua instrumentação, que será removido antes da introdução das limas (Aquino et al., 2015).

Posteriormente à instrumentação do canal, será introduzido um segundo corante, de coloração distinta do primeiro, de modo a facilitar a visualização das alterações anatómicas do canal (Veltri et al., 2005).

As fotografias serão descarregadas num programa de análise de imagem, Adobe Photophop (Adobe System, San José, CA, USA), no qual serão introduzidas as escalas e feita a ampliação necessária à realização dos cálculos. Posteriormente, as imagens pré e pós-instrumentação de cada bloco serão sobrepostas e serão traçados dois eixos, um vertical e um horizontal, de modo a separar as faces interna e externa de curvatura do canal. A face interna da curvatura será denominada de X1 e à face externa será atribuída a nomenclatura de X2. As medições serão feitas a partir da linha vertical previamente traçada, no ápex e a três, seis e nove milímetros do mesmo. Em cada um desses níveis será medido o diâmetro do canal, ao qual será atribuída a nomenclatura de Y e o cálculo será realizado subtraindo à medida da face interna a da face externa e dividindo o resultado pelo diâmetro do canal $((X1-X2)/Y)$. Uma boa capacidade de centralização será conseguida quanto mais próximo o valor obtido for de zero, significando que as limas retiraram a mesma espessura de resina em ambas as faces da curvatura ou, uma quantidade que não implique diferenças significativas (Lim et al., 2013).

3.3ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados serão registados para todos os blocos e posteriormente avaliados com recurso ao programa SPSS, sendo realizados todos os testes necessários a avaliar o desempenho e consistência dos sistemas.

Os resultados obtidos serão validados com uma análise estatística descritiva e inferencial.

IV. CONCLUSÃO

A preparação endodôntica, a centralização da mesma e a desinfecção do sistema de canais são fundamentais para o sucesso do tratamento endodôntico a longo prazo. Essa preparação apresenta inúmeros desafios e limitações, tornando-se uma etapa delicada e com um elevado risco associado. Como tal, torna-se importante compreender quais os sistemas à disposição e quais as melhores opções para cada tipo de canais, de acordo com a sua anatomia e características.

Os sistemas de instrumentação mecanizada vieram revolucionar a preparação endodôntica e ao longo dos anos têm sido feitas alterações na conformação e liga que constitui as limas, de modo a melhorar o seu desempenho.

Este trabalho visa reforçar a importância de conhecer os sistemas de instrumentação mecanizada disponíveis e as suas propriedades, de modo a desempenhar o trabalho mais cuidado, eficaz e seguro, quer para o paciente, quer para o Médico Dentista. Tem ainda por objetivo enfatizar a necessidade de estudar os novos sistemas disponíveis e as vantagens que trazem à prática endodôntica, fazendo o planeamento experimental de um trabalho a realizar para aferir as propriedades e a qualidade do desempenho do sistema Rotate®, visto tratar-se de um sistema recente no mercado. Este sistema parece apresentar inovações e vantagens sobre os demais sistemas disponíveis e, por ausência de mais literatura disponível sobre o mesmo, deve ser amplamente estudado, não só com recurso a investigações que avaliem a sua capacidade de centralização, mas também outras propriedades relevantes para a prática endodôntica, tais como a sua resistência às fraturas por torção e por fadiga cíclica.

V. BIBLIOGRAFIA

- Aquino, M., Lima, D., & Aguiar, C. (2015). Avaliação comparativa da centralização do preparo biomecânico em canais instrumentados pelos sistemas Reciproc e Mtwo. *XV ENEXT/ I ENExC -*, 2015.
- Bennett, J., Chung, K. H., Fong, H., Johnson, J., & Paranjpe, A. (2017). Analysis of surface characteristics of protaper universal and protaper next instruments by scanning electron microscopy. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9(7), e879–e885. <https://doi.org/10.4317/jced.54049>
- Berutti, E., Paolino, D. S., Chiandussi, G., Alovise, M., Cantatore, G., Castellucci, A., & Pasqualini, D. (2012). Root canal anatomy preservation of waveone reciprocating files with or without glide path. *Journal of Endodontics*, 38(1), 101–104. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.09.030>
- Bonaccorso, A., Cantatore, G., Condorelli, G. G., Schäfer, E., & Tripi, T. R. (2009). Shaping Ability of Four Nickel-Titanium Rotary Instruments in Simulated S-Shaped Canals. *Journal of Endodontics*, 35(6), 883–886. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.03.007>
- Bürklein, S., Hinschitzka, K., Dammaschke, T., & Schäfer, E. (2012). Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *International Endodontic Journal*, 45(5), 449–461. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01996.x>
- Bürklein, S., Poschmann, T., & Schäfer, E. (2014). Shaping ability of different nickel-titanium systems in simulated S-shaped canals with and without glide path. *Journal of Endodontics*, 40(8), 1231–1234. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.01.043>
- Bürklein, S., & Schäfer, E. (2012). Apically extruded debris with reciprocating single-file and full-sequence rotary instrumentation systems. *Journal of Endodontics*, 38(6), 850–852. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.02.017>
- Cui, Z., Wei, Z., Du, M., Yan, P., & Jiang, H. (2018). Shaping ability of protaper next compared with waveone in late-model three-dimensional printed teeth. *BMC Oral Health*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0573-8>
- D'Amario, M., De Angelis, F., Mancino, M., Frascaria, M., Capogreco, M., &

- D’Arcangelo, C. (2017). Canal shaping of different single-file systems in curved root canals. *Journal of Dental Sciences*, 12(4), 328–332. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2017.03.001>
- Dhingra, A. (2017). Glide Path in Endodontics. *Conservative Dentistry and Endodontic Journal*, 2(2), 48–51. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10048-0026>
- Elnaghy, A. M., & Elsaka, S. E. (2014a). Evaluation of root canal transportation, centering ratio, and remaining dentin thickness associated with ProTaper next instruments with and without glide path. *Journal of Endodontics*, 40(12), 2053–2056. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.09.001>
- Elnaghy, A. M., & Elsaka, S. E. (2014b). Assessment of the mechanical properties of ProTaper next nickel-titanium rotary files. *Journal of Endodontics*, 40(11), 1830–1834. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.06.011>
- Ertuğrul, İ. F., & Orhan, E. O. (2019). Cyclic fatigue and energy-dispersive X-ray spectroscopy examination of the novel ROTATE instrument. *Microscopy Research and Technique*, 82(12), 2042–2048. <https://doi.org/10.1002/jemt.23374>
- Ferreira, F., Adeodato, C., Barbosa, I., Aboud, L., Scelza, P., & Zaccaro Scelza, M. (2017). Movement kinematics and cyclic fatigue of NiTi rotary instruments: a systematic review. In *International Endodontic Journal* (Vol. 50, Issue 2, pp. 143–152). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/iej.12613>
- Gambarini, G., Grande, N. M., Plotino, G., Somma, F., Garala, M., De Luca, M., & Testarelli, L. (2008). Fatigue Resistance of Engine-driven Rotary Nickel-Titanium Instruments Produced by New Manufacturing Methods. *Journal of Endodontics*, 34(8), 1003–1005. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.05.007>
- Gavini, G., dos Santos, M., Caldeira, C. L., Machado, M. E. de L., Freire, L. G., Iglecias, E. F., Peters, O. A., & Candeiro, G. T. de M. (2018). Nickel-titanium instruments in endodontics: A concise review of the state of the art. In *Brazilian Oral Research* (Vol. 32, pp. 44–65). Sociedade Brasileira de Hematologia e Hemoterapia. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0067>
- Glickman GN, Dumsha TC. (1997). Problems in canal cleaning and shaping. In: Gutmann JL, Dumsha TC, Lovdahl PE, Hovland EJ, eds. *Problem Solving in Endodontics*, 3rd edn. St Louis, MO: Mosby: 91–122.
- Hargreaves, K., & Berman, L. (2014). Cohen’s Pathway of The Pulp. In I. Rotstein (Ed.), *Textbook of Endodontics*. https://doi.org/10.5005/jp/books/12108_18
- Hidalgo, L. R. da C., da Silva, L. A. B., Leoni, G. B., Mazzi-Chaves, J. F., Carvalho, E.

- E. da S., Consolaro, A., & Sousa-Neto, M. D. (2017). Mechanical preparation showed superior shaping ability than manual technique in primary molars - A micro-computed tomography study. *Brazilian Dental Journal*, 28(4), 453–460. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201601552>
- Hiran-us, S., Pimkhaokham, S., Sawasdichai, J., Ebihara, A., & Suda, H. (2016). Shaping ability of ProTaper NEXT, ProTaper Universal and iRace files in simulated S-shaped canals. *Australian Endodontic Journal*, 42(1), 32–36. <https://doi.org/10.1111/aej.12117>
- Hulsmann, M., Peters, O. A., & Dummer, P. M. H. (2005). Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics*, 10(1), 30–76. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2005.00152.x>
- Kapalas, A., & Lambrianidis, T. (2000). Factors associated with root canal ledging during instrumentation. *Dental Traumatology*, 16(5), 229–231. <https://doi.org/10.1034/j.1600-9657.2000.016005229.x>
- Lim, K. C., & Webber, J. (1985). *The validity of simulated root canals for the investigation of the prepared root canal shape* (Vol. 18).
- Lim, Y.-J., Park, S.-J., Kim, H.-C., & Min, K.-S. (2013). Comparison of the centering ability of Wave One and Reciproc nickel-titanium instruments in simulated curved canals. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 38(1), 21. <https://doi.org/10.5395/rde.2013.38.1.21>
- Limongi, O., de Albuquerque, D. S., Baratto Filho, F., Vanni, J. R., de Oliveira, E. P. M., & Barletta, F. B. (2007). In vitro comparative study of manual and mechanical rotary instrumentation of root canals using computed tomography. *Brazilian Dental Journal*, 18(4), 289–293. <https://doi.org/10.1590/S0103-64402007000400003>
- Liu, Y., Chen, X., & McCormick, P. G. (1997). Effect of low temperature ageing on the transformation behaviour of near-equiatomic NiTi. *Journal of Materials Science*, 32(22), 5979–5984. <https://doi.org/10.1023/A:1018615127911>
- Lopreite, G., Basilaki, J., Romero, M., & Hecht, P. (2014). Evaluation of apical foramen deformation produced by manual and mechanized patency maneuvers. *Acta Odontol. Latinoam*, 27, 77–81.
- Mounce R. (2005). Endodontic K-Files: invaluable endangered species or ready for the Smithsonian? *Dentistry Today*, 24(7): 102, 104
- Oltramare P. (1892). Exstirpation der Zahnpulpa mittels einer durch die Bohrmaschine in Rotation versetzten Nadel. *Dtsch Monatsschr Zahnheilk*: 32: 407–409.

- Otsuka K, Wayman CM. Shape memory materials. Cambridge: Cambridge Univ. Press; 1998. Cap 1, Introduction; p.1-26.
- Peters, O. A. (2004). *Current Challenges and Concepts in the Preparation of Root Canal Systems: A Review*.
- Plotino, G., Grande, N. M., Falanga, A., Di Giuseppe, I. L., Lamorgese, V., & Somma, F. (2007). Dentine removal in the coronal portion of root canals following two preparation techniques. *International Endodontic Journal*, 40(11), 852–858. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01284.x>
- Ruddle, C. J. (2002). *Current concepts for preparing the root canal system. February*, 1–5.
- Saberi, E., & Aramesh, B. (2018). Computed tomography evaluation of root canal transportation using protaper, race and sendoline rotary systems: An ex vivo study. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 10, 93–98. <https://doi.org/10.2147/CCIDE.S160054>
- Scha, E., & Vlassis, M. (2004). Comparative investigation of two rotary nickel[^]titanium instruments: ProTaper versus RaCe. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *International Endodontic Journal*.
- Schäfer, E., Erler, M., & Dammaschke, T. (2006a). Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *International Endodontic Journal*, 39(3), 196–202. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01074.x>
- Schäfer, E., Erler, M., & Dammaschke, T. (2006b). Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *International Endodontic Journal*, 39(3), 196–202. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01074.x>
- Schilder H. (1974) Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am*;18 :269-96.
- Seltzer, S., Bender, I. B., Smith, J., Freedman, I., & Nazimov, H. (1967). Endodontic failures-An analysis based on clinical, roentgenographic, and histologic findings. Part I. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 23(4), 500–516. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(67\)90546-4](https://doi.org/10.1016/0030-4220(67)90546-4)
- Silva, E. J. N. L., Vieira, V. C. G., Tameirão, M. D. N., Belladonna, F. G., Neves, A. de A., Souza, E. M., & DE-Deus, G. (2016). Quantitative transportation assessment in

- curved canals prepared with an off-centered rectangular design system. *Brazilian Oral Research*, 30(1), e43. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2016.vol30.0043>
- Troiano, G., Dioguardi, M., Cocco, A., Giuliani, M., Fabiani, C., D'Alessandro, A., Ciavarella, D., & Lo Muzio, L. (2016). Centering Ability of ProTaper Next and WaveOne Classic in J-Shape Simulated Root Canals. *Scientific World Journal*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/1606013>
- Uygun, A. D., Kol, E., Topcu, M. K. C., Seckin, F., Ersoy, I., & Tanriver, M. (2016). Variations in cyclic fatigue resistance among ProTaper Gold, ProTaper Next and ProTaper Universal instruments at different levels. *International Endodontic Journal*, 49(5), 494–499. <https://doi.org/10.1111/iej.12471>
- van der Vyver, P. (2011a). Creating a glide path for rotary NiTi instruments: part one. *INTERNATIONAL DENTISTRY SA*, 13, 6–10.
- van der Vyver, P. (2011b). Creating a glide path for rotary NiTi instruments: part two. *INTERNATIONAL DENTISTRY SA*, 13, 14–25.
- Varela Patiño, P., Biedma, M., Liébana, C. R., Cantatore, G., & González Bahillo, J. (2005). *The Influence of a Manual Glide Path on the Separation Rate of NiTi Rotary Instruments*.
- Veltri, M., Mollo, A., Mantovani, L., Pini, P., Balleri, P., & Grandini, S. (2005). A comparative study of Endoflare-Hero Shaper and Mtwo NiTi instruments in the preparation of curved root canals. *International Endodontic Journal*, 38(9), 610–616. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2005.00989.x>
- Weine, F. S., Kelly, R. F., & Bray, K. E. (1976). Effect of preparation with endodontic handpieces on original canal shape. *Journal of Endodontics*, 2(10), 298–303. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(76\)80044-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(76)80044-1)
- Weine, F. S., Kelly, R. F., & Lio, P. J. (1975). The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *Journal of Endodontics*, 1(8), 255–262. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(75\)80037-9](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(75)80037-9)
- Wu, H., Peng, C., Bai, Y., Hu, X., Wang, L., & Li, C. (2015). Shaping ability of ProTaper Universal, WaveOne and ProTaper Next in simulated L-shaped and S-shaped root canals. *BMC Oral Health*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-015-0012-z>