

Rita Isabel Vieira Mesquita

Comparação de Técnicas de Remoção da "*Smear Layer*" em Endodontia - revisão narrativa

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2020

Rita Isabel Vieira Mesquita

Comparação de Técnicas de Remoção da "*Smear Layer*" em Endodontia - revisão narrativa

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2020

Rita Isabel Vieira Mesquita

Comparação de Técnicas de Remoção da "*Smear Layer*" em Endodontia - revisão narrativa

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

Rita Isabel Vieira Mesquita

Resumo

A “Smear Layer” pode condicionar o sucesso do Tratamento Endodôntico Não-Cirúrgico. A sua remoção, pela aplicação de irrigantes, com ou sem agitação, é um tema controverso.

Este trabalho constitui uma revisão narrativa da Literatura cujo objetivo é analisar as opiniões dos diferentes autores, no caso de dentes maduros permanentes, sujeitos a Tratamento Endodôntico Não-Cirúrgico, onde ocorre formação de Smear Layer”, relativamente ao protocolo mais recomendado para a sua eficaz remoção. Procedeu-se à comparação da capacidade de limpeza da irrigação convencional manual passiva com técnicas sónicas e ultrassónicas (“Passive Ultrasonic Irrigation”, “EndoActivator[®]” e “Eddy[®]”), selecionando-se estudos que usaram a metodologia “Scanning Eletron Microscopy”.

O “*gold standard*” para a remoção da “Smear Layer” é conseguido pela utilização simultânea de um agente quelante e da solução de Hipoclorito de Sódio, com técnicas de agitação mecanizadas.

Pretende-se, também, que este trabalho seja um guia útil para os Médicos Dentistas.

Palavras-chave: “Endodontia”; “Smear layer”; ”Irrigação”; “Remoção”; “sónica”; “ultrassónica”.

Abstract:

The Smear Layer can conditionate the success of Non-Surgical Endodontic Treatment. Its removal, through the application of irrigators, with or without agitation techniques, is a topic that remains controversial.

The present work is a narrative review of the Literature that aims to analyze the different opinions of the authors, regarding permanent mature teeth submitted to Non-Surgical Endodontic Treatment, in which occurs Smear Layer formation, about which protocol is the most recommended for its effective removal.

The cleaning capacity of conventional passive manual irrigation was compared with sonic and ultrasonic techniques (“Passive Ultrasonic Irrigation”, “EndoActivator[®]” and “Eddy[®]”), through selected studies that used the “Scanning Electron Microscopy” methodology.

The gold standard for the removal of the Smear Layer is achieved by the simultaneous use of a chelating agent and sodium hypochlorite solution, with mechanized agitation techniques.

It is also intended that this work could be a useful guide for Dentists.

Keywords: “Endodontics”; “Smear layer”; “Irrigation”; “Removal”; “Sonic”; “Ultrasonic”.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, por todas as batalhas que travaram e por terem superado todas as adversidades sem nunca pensarem em desistir, que lhes permitiu hoje serem meus pais. Por todos os sacrifícios que fizeram para que nada me faltasse e para que sempre me pudessem proporcionar as melhores oportunidades. Pelos valores que me transmitiram e pela forma como me educaram. Por saberem dizer sim e, principalmente, não, quando necessário. A vós, os grandes impulsionadores desta jornada, dedico este trabalho.

À Margarida, minha binómia e amiga de todas as horas, por ser a minha metade do puzzle. Por me ter acompanhado neste percurso desde o primeiro dia, pela telepatia e por me receber de braços abertos todas as manhãs, com a mesma vontade que eu de estar acordada. Por me ensinar a ser melhor, a superar-me e por nunca me virar as costas. Há amizades que se transformam em família, e é isso que somos. Obrigada.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais. À minha mãe, a minha Maria, por ser o colo para todas as minhas intempéries, por me ensinar a ser persistente e a perseguir os meus sonhos. Ao meu pai, Aires, por ser o maior exemplo de trabalho árduo que tenho na vida e por fazer tudo por mim.

Ao meu avô, Joaquim, por todas as histórias que me contou e por ser a personificação das palavras força, resiliência e perseverança. À minha avó, Rita, pela compreensão e por ter sempre uma palavra de conforto nos meus dias maus. Aos dois, por cuidarem de mim e estarem sempre presentes.

Aos meus avós paternos, Ludovina e Manuel, por serem estrelas guia no meu percurso.

À minha bisavó que, apesar de já não estar entre nós, será sempre uma parte de mim e da pessoa em que me tornei.

Ao Rafael, por nunca me largar a mão. Por ser o meu melhor amigo, por me escutar e por acreditar sempre que sou capaz. Pela paciência e por saber sempre lidar comigo. Obrigada por encheres os meus dias de gargalhadas, por me dares alento e por fazeres de mim uma pessoa melhor. Em especial, obrigada pela ajuda técnica com o Office para a realização deste trabalho.

Ao Combinado 6 nas pessoas da Margarida, Marta, Francisco, Frederico e Ricardo, pelos 5 anos maravilhosos que nos permitiram construir laços de amizade inquebráveis. Por toda a lealdade, confiança, respeito e entreajuda. Por todas as noites em claro, fossem elas a festejar ou a estudar, e por todas as histórias que me aquecerão o coração pela vida fora. Obrigada a vocês, que são a prova viva de que os amigos da Faculdade ficam para a vida.

Ao Zeca e ao Raul, pela amizade, pela companhia e por estarem sempre presentes.

Ao Renato, ao João e à Diana, os meus amigos de longa data, por acreditarem sempre em mim. Pela sinceridade, pelas palavras de apreço sempre que precisei e por me continuarem a acompanhar.

À minha orientadora, Professora Doutora Ana Moura Teles, por toda a ajuda e empenho com que sempre me abraçou durante a realização deste trabalho, mas também por toda a preocupação, paciência, compreensão e motivação que me transmitiu. Muito obrigada.

À Universidade Fernando Pessoa, por me permitir descobrir-me. Por me ter dado as lições e as ferramentas de que precisei para o meu desenvolvimento. Termino esta jornada, sem dúvida, muito mais Humana do que quando a comecei. Levarei esta casa sempre no coração.

À minha equipa da AEUFP, por me ajudarem a crescer. Por me terem ensinado que a vida nos coloca constantemente à prova, e que nunca é demais lutar por aquilo em que acreditamos. Pelos desafios constantes, pela superação e pela confiança que depositaram em mim. Não existirão nunca palavras capazes de descrever o quão feliz fui dentro das nossas quatro paredes.

A todos os docentes e não docentes da Universidade Fernando Pessoa e a todas as pessoas que cruzaram o meu caminho nos últimos 5 anos, que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação enquanto Pessoa e Médica Dentista.

Índice

I – Introdução	1
1.1-Materiais e Métodos.....	3
II- Desenvolvimento	3
1- “ <i>Smear Layer</i> ” em Endodontia.....	3
2- Metodologias de Estudo das Técnicas de Remoção da “ <i>Smear Layer</i> ”	4
3- Importância da Irrigação para o Sucesso do TENC.....	6
4- Técnicas de Irrigação em Endodontia.....	6
4.1- Irrigação Convencional	6
4.1.1- Limitações da Irrigação Convencional	7
4.2- Irrigação Sónica.....	8
4.2.1- Instrumentos Utilizados na Irrigação Sónica.....	8
4.3- Irrigação Ultrassónica	9
4.3.1- Instrumentos Utilizados na Irrigação Ultrassónica.....	9
4.4- Irrigação Sónica versus Ultrassónica	10
III- Discussão	10
1- Limitações de Metodologia dos Estudos na Análise da Remoção da “ <i>Smear Layer</i> ”..	10
2- Comparação da Eficácia entre Técnicas de Irrigação	12
IV- Conclusões.....	15
Anexos:	24

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Irrigação sónica versus Ultrassónica.....	10
--	----

Índice de Siglas e Abreviaturas

% - Percentagem

- Diâmetro da Ponta do Instrumento

° - Grau

µm – Micrómetro

AC – Ácido Cítrico

AFM – Microscopia de Força Atômica

CSOM – Cosite Microscópio Ótico

CT – Comprimento de Trabalho

EA – EndoActivator[®]

ED – Eddy[®]

EDTA – Ácido Etileno Diamino-Tetra-Acético

G – Calibre

IC – Irrigação Convencional

ISO – International Organization for Standardization

KHz – Quilohertz

MEVBV – Microscopia Eletrónica de Varrimento de Baixo Vácuo

mL – Mililitros

mm - Milímetros

MO – Microrganismos

NaOCl – Hipoclorito de Sódio

PUI – Irrigação Ultrassónica Passiva

SCR – Sistema de Canais Radiculares

SEM – Scanning Electron Microscopy

SL – Smear Layer

TENC – Tratamento Endodôntico Não Cirúrgico

Índice de Anexos

Tabela 2. Descrição dos estudos de Urban <i>et al.</i> , 2017 e Haupt <i>et al.</i> ,2019.....	24
Tabela 3. Descrição do estudo de Plotino e Colangeli, 2020.....	25
Tabela 4. Descrição do estudo de Costa <i>et al.</i> , 2017.....	26

I – Introdução

A preparação canalar é um dos passos mais importantes no que concerne à realização do Tratamento Endodôntico Não-Cirúrgico (TENC) (Peters *et al.*, 2001). É um processo que envolve a limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares (SCR) com o objetivo de reduzir a quantidade de potenciais microrganismos (MO) existentes nesse local (Swimberghe *et al.*, 2018) culminando com o preenchimento tridimensional do espaço pulpar na fase da obturação.

A instrumentação, com recurso a instrumentos manuais ou rotatórios, provoca desgaste na dentina radicular e promove a formação de uma camada de detritos que ficam aderidos aos túbulos dentinários das paredes canulares e que, na sua composição, apresentam matéria orgânica, incluindo MO, mas, maioritariamente, matéria inorgânica – a camada de “*Smear Layer*” (SL) (Yamada *et al.*, 1983; Mader *et al.*, 1984; Meryon e Brook, 1990; Violich e Chandler, 2010; Nasleena *et al.*, 2017; Neelakantan *et al.*, 2019). Desta forma, a SL pode actuar como substrato da multiplicação de MO, promovendo, assim, a sua proliferação, especialmente no interior dos túbulos dentinários e noutras zonas irregulares do SCR (George *et al.*, 2005; Paqué *et al.*, 2009; Bukhari e Babaeer, 2019). As variações de volume e espessura da SL (Cergneux *et al.*, 1987) podem limitar ou bloquear a desejável penetração dos irrigantes nos túbulos dentinários (Byström e Sunvqvist, 1985; Baumgartner e Mader, 1987; Mandel *et al.*, 1990; Paqué *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2013) bem como dos materiais obturadores, impedindo, como tal, o correto selamento do SCR (Yang e Bae, 2002), constituindo, por isso, um foco infeccioso e, como tal, condicionar o sucesso do TENC (Goldman *et al.*, 1981; Cameron, 1983; Siqueira, 2001).

Com o propósito de garantir um nível mais elevado de desinfecção intracanal e, apesar de ser ainda ser um tema controverso (Gutmann e Manjarrés, 2019), a remoção da SL está incluída em muitos protocolos clínicos, nomeadamente no que está adotado na Clínica Pedagógica de Medicina Dentária – FCS/UFP. Este procedimento preconiza a utilização de soluções irrigantes com capacidade de dissolução tecidual inorgânica (Basrani e Haapasalo, 2013; Urban *et al.*, 2017).

Por norma, o irrigante mais utilizado em Endodontia é o hipoclorito de sódio (NaOCl), dada a sua elevada e comprovada capacidade de dissolução de tecido orgânico e efeito antibactericida (Nair *et al.*, 2005; Haapasalo *et al.*, 2014). A sua eficácia é variável consoante o tempo de contacto, a temperatura e a concentração em que é utilizado (Gutarts *et al.*, 2005;

Karade *et al.*, 2017). Contudo, este irrigante não é, por si só, capaz de dissolver tecido inorgânico e, conseqüentemente, de remover a SL. Como tal, por norma, recorre-se ao uso de um agente quelante, como por exemplo, o ácido etileno-diamino tetra-acético a 17% (EDTA) que consegue dissolver tecido inorgânico, mas que provoca erosão nas paredes do SCR (Ramachandra *et al.*, 2015; Demirel *et al.*, 2019.) Pode, também, usar-se o Ácido Cítrico 10% (AC) (Smith e Wayman, 1986; Kandaswamy e Venkateshbabu, 2010; Arslan *et al.*, 2014) que é um composto pertencente ao grupo dos ácidos orgânicos, que é capaz de remover matéria inorgânica apresentando menos conseqüências nefastas do que o EDTA a 17% no que à descalcificação das paredes dentinárias diz respeito (Hulsmann *et al.*, 2003; Ramachandra *et al.*, 2015; Demirel *et al.*, 2019).

Há muitas décadas que o método de eleição da irrigação intracanal preconiza o uso de uma seringa, na qual está enroscada uma agulha que é inserida dentro do canal radicular e à qual se empregam movimentos de vaivém – procedimento denominado por “Irrigação Convencional” (IC) (Holliday, 2017). Contudo, vários estudos (Goldman *et al.*, 1976; Chow, 1983; Gu *et al.*, 2009; Boutsoukis *et al.*, 2010; Holliday, 2017; Hu *et al.*, 2019) demonstraram que fatores como o tamanho da seringa, a proximidade da agulha ao foramen apical, o volume de irrigante e o próprio calibre da agulha utilizada podem influenciar positiva ou negativamente a eficácia desta técnica.

Pelo exposto anteriormente, pode inferir-se que quando usamos a IC, o irrigante não consegue alcançar todas as irregularidades do SCR (Hülsmann *et al.*, 1997; Endal *et al.*, 2011; Paqué *et al.*, 2011; Versiani *et al.*, 2014 e Karade *et al.*, 2017). Assim, com o intuito de aumentar a distribuição do irrigante ao longo do SCR, através da sua maior agitação (Saber e Hashem, 2011), outras técnicas têm vindo a ser desenvolvidas. A ativação do irrigante pode ser feita com recurso a um instrumento cuja energia sónica ou ultrassónica vai provocar a oscilação da respetiva ponta do sistema (Holliday, 2014). Esse dispositivo vai, então, potenciar o colapso de pequenas bolhas de gás que se geram por diminuição da pressão, também conhecido como fenómeno de cavitação (Robinson *et al.*, 2018) e, ainda, gerar o fluxo acústico (movimento do fluido em torno do SCR devido às ondas de pressão criadas pelo instrumento) permitindo a ativação do irrigante (Holliday, 2014; Dioguardi *et al.*, 2018). A energia sónica distingue-se da ultrassónica, quer pelo aumento na amplitude do movimento da ponta do instrumento, quer pela menor frequência (1-6 quilohertz (KHz) versus 25-30 KHz) (Gu *et al.*, 2009; Karade *et al.*, 2017).

Esta revisão narrativa pretende comparar a capacidade de remoção de SL através da IC com outras técnicas sónicas e ultrassónicas, em toda a extensão do canal radicular.

1.1-Materiais e Métodos

Com base no objetivo anteriormente descrito, realizou-se a pesquisa bibliográfica utilizando as seguintes palavras-chave: “*Endodontics*”; “*Smear layer*”; “*Irrigation*”; “*Removal*”; “*Sonic*”; “*Ultrasonic*” nos motores de busca PubMed, B-On, Google Scholar e Scielo. Também se recorreu a edições das revistas *Journal of Endodontics*, *International Endodontic Journal*, *Saudi Endodontic Journal*, *European Journal of Dentistry*, *Journal of General Dentistry*, *Current Oral health Reports*, *Journal of Oral Science*, *Acta Odontologica Scandinavica*, *Journal of Dental Research*, *Nature Publishing Group*, *Australian Endodontic Journal*, *Biomedical Engineering Online*, *Journal of Conservative Dentistry*, *Iranian Endodontic Journal*, *Brazilian Oral Research*, *Dental Bites*, *Journal of Applied Oral Science*, *World Journal of Dentistry*, *Brazilian Dental Journal*, *Physiological Measurement*, *International Dental Journal*, *The Journal of Contemporary Dental Practise*, *Journal of Dentistry*, *Journal of Prosthetic Dentistry*, *Journal of Oral & Maxillofacial Research*, *Clinical Oral Investigation*, *Endodontic Practice Today*, *Dental Traumatology*, *Endodontic Topics*, *Odontology* e *Willey Periodicals*.

Reunida toda a informação, os artigos foram submetidos a uma triagem de acordo com critérios de inclusão e exclusão previamente definidos.

Assim sendo, os estudos incluídos avaliaram e compararam a eficácia da remoção de SL entre a IC e técnicas de ativação mecanizadas, após irrigação com NaOCl e/ou EDTA, que recorreram ao “*Scanning Electron Microscopy*” (SEM). Foram, do mesmo modo, excluídos estudos que não usaram dentes humanos, estudo com dentes que não estavam totalmente formados ou que usaram detritos artificiais, com vista a mimetizar a realidade clínica.

II- Desenvolvimento

1- “*Smear Layer*” em Endodontia

A identificação da SL foi possível, pela primeira vez, com recurso à *Scanning Electron Microscopy* - *Microscopia Eletrónica de Varrimento* (SEM), em 1970, por Eick *et al.*, apresentando-se como um conjunto de partículas de tamanho inferior a 0,5-15 micrómetros (μm) e, em 1975, demonstrou-se que constitui uma fina camada de detritos, com cerca de 2-

5µm de espessura, que se estende para o interior dos túbulos dentinários (Brännström e Johnson, 1974). Mais tarde, Cameron em 1983 e Mader *et al.*, em 1984 diferenciaram duas camadas: uma superficial sobre as paredes do SCR cuja espessura varia entre 1-2 µm e uma profunda, no interior dos túbulos dentinários, cuja espessura apesar de variável pode atingir os 40 µm.

A remoção da SL continua a ser controversa (Shahravan *et al.*, 2007; Alamoudi, 2019). Alguns autores afirmaram que a não remoção da SL pode ser benéfica pois resulta numa alteração da permeabilidade dos túbulos dentinários o que, por sua vez, pode viabilizar a entrada de bactérias no SCR, no caso de não se obter uma obturação tridimensional (Drake *et al.* 1994; Galvan *et al.* 1994). Pashley, 1985 e Safavi *et al.*, 1990 defenderam que, quando estamos perante uma situação de deficiente desinfeção intracanal, a presença de SL impede a penetração das bactérias e suas toxinas nos túbulos dentinários, limitando, desta forma, as trocas entre o espaço pulpar e o periodonto.

Mais tarde, Williams e Goldman, 1985 provaram que a presença de SL não consegue atuar como barreira efetiva contra a penetração bacteriana, podendo apenas retardar a sua invasão. Desta forma, podemos concluir que, apesar da controvérsia em torno da remoção ou não da SL do SCR, indica-se a sua realização devido aos efeitos deletérios da SL para a obtenção da desinfeção canal (George *et al.*, 2008; Amato *et al.*, 2011; Haapasalo *et al.*, 2014).

2- Metodologias de Estudo das Técnicas de Remoção da “Smear Layer”

É muito difícil o estudo desta matéria através da realização de ensaios clínicos pois não é possível avaliar a remoção de SL num dente que se encontra na cavidade oral, razão pela qual não se encontrou nenhum artigo com esta metodologia.

Pode avaliar-se a remoção da SL por testes *in vitro* de extravasamento de fluido com recurso a corantes, como a tinta-da-china e o azul de metileno, testes eletroquímicos e testes bacteriológicos. Contudo, estes dois últimos apresentam muitas discrepâncias, o que os torna difíceis de comparar, tornando o primeiro o mais indicado para o estudo da remoção da SL conforme comprovado pelos estudos de Shahravan *et al.*, 2007, de Andriukaitiene *et al.*, 2018 e de Perin *et al.*, 2018.

De acordo com Hülsmann *et al.*, 2003 o principal fator responsável pela falta de informação é o carácter qualitativo e não reprodutível da maioria dos estudos. Dada a natureza microscópica da SL, a sua quantificação é um verdadeiro desafio, pelo que estudos que avaliam a sua remoção recorrem à atribuição de uma pontuação previamente definida, numa

escala gradativa, decrescente, no sentido em que um menor valor corresponde a uma maior capacidade de limpeza, facto que a torna subjetiva e potencialmente sujeita a enviesamento (Hülsmann *et al.*, 1997, Çalt e Serper, 2002; Hülsmann *et al.*, 2005; George *et al.*, 2008; Akyuz Ekim e Erdemir, 2015). Contudo, a calibragem dos operadores é um método comumente usado para minimizar este erro estatístico (Chianello *et al.*, 2008; Urban *et al.*, 2017.)

Atualmente, é comum recorrer-se à utilização da SEM (Qian *et al.*, 2011), que é um método microscópico e, logo aí, vantajoso uma vez que nos permite ver com grande detalhe as paredes do SCR e os túbulos dentinários e avaliá-los, com muita precisão, recorrendo a grande magnificação (Akyuz Ekim e Erdemir, 2015; Sonu *et al.*, 2016). Contudo, apesar de muito utilizado, este método apresenta várias limitações devido aos processos de montagem, corte e acabamento que podem interferir com a quantidade de SL (Virdee *et al.*, 2018). Depende, igualmente, do local de obtenção da imagem a avaliar porque, como não nos permite uma visualização longitudinal do canal, pode apresentar falsas representações (Peters *et al.*, 2003; Paqué *et al.*, 2005).

Em 1979, (Danilatos, 1993) surgiu a Microscopia Eletrónica de Varrimento de Baixo Vácuo (MEVBV), que nos permite a visualização da mesma amostra em distintas etapas e a utilização do mesmo dente para diferentes técnicas permitindo, assim, uma maior fiabilidade para efeitos comparativos (Schmidt *et al.*, 2015; Kato *et al.*, 2016; Simezo *et al.*, 2017).

Por outro lado, existem também métodos microscópicos menos convencionais para o estudo da remoção da SL. Por exemplo, o Microscópio de Força Atómica (AFM) que representa uma evolução face à avaliação SEM no que concerne à caracterização da superfície dentinária (De Deus *et al.*, 2011), mas possui algumas limitações quando o objetivo é observar o processo de desmineralização em amostras com níveis não uniformes de SL e o tempo de aquisição de imagem, que é superior ao da SEM (De Deus *et al.*, 2006).

Também o Cosite Optical Microscopy (CSOM) desenvolvido por De Deus *et al.*, 2007 representa um método não convencional. O CSOM permite-nos obter dados quantitativos combinados com uma vista longitudinal da amostra (De Deus *et al.*, 2011). A imagem é adquirida digitalmente o que nos permite obter dados muito precisos através de um software de avaliação (De Deus *et al.*, 2008), constituindo uma evolução face aos métodos microscópicos convencionais. Por outro lado, este método apresenta também algumas limitações, de entre as quais a restrita profundidade de foco do microscópio (De Deus *et al.*, 2011). Também a necessidade de preparação da amostra, tornando-a plana, não permite que a SL observada através deste método traduza o que seria observado numa situação clínica (De

Deus *et al.*, 2008). Quando recorremos a este método, a aplicação das soluções quelantes é obrigatoriamente realizada numa superfície plana e horizontal, não permitindo a simulação de uma situação real e limitando a fiabilidade dos resultados obtidos (De Deus *et al.*, 2007; De Deus *et al.*, 2008).

3- Importância da Irrigação para o Sucesso do TENC

Em Endodontia, a irrigação tem como principais objetivos eliminar os detritos produzidos pela instrumentação mecânica e reduzir a carga microbológica no SCR de modo a prevenir a penetração dos MO nos tecidos periapicais e permitir a recuperação dos mesmos (Haapasalo *et al.*, 2005; Siqueira e Rôças, 2008; Paqué *et al.*, 2009; Bukhari e Babaeer, 2019).

A penetração dos irrigantes no SCR varia consoante a configuração do canal, o volume e tipo de irrigante utilizado e com o tipo e profundidade de inserção do dispositivo de irrigação utilizado (Gliksberg, 1995).

Como o NaOCl não é, por si só, capaz de remover a SL, é frequente o seu uso combinado com o EDTA 17% ou com AC 10% (Haapasalo e Shen, 2010), no protocolo final de irrigação para remover a porção inorgânica da SL (Nogo-Živanović *et al.*, 2019) e para melhorar o efeito antibacteriano do NaOCl nas zonas mais profundas do SCR (Haapasalo e Ørstavik, 1987; Ørstavik e Haapasalo, 1990).

4- Técnicas de Irrigação em Endodontia

4.1- Irrigação Convencional

A IC é feita com recurso a uma seringa e uma agulha (Van Der Sluis e Boutsoukis, 2015). A agulha deve ser movida longitudinalmente com movimentos de vaivém até 1-2 mm acima do valor do comprimento de trabalho (Van Der Sluis e Boutsoukis, 2015). As seringas utilizadas podem ter uma capacidade entre 1 e 20 mililitros (mL) e o seu tamanho (maior quanto maior a capacidade da seringa) pode afetar a pressão a exercer para conseguir libertar uma determinada quantidade de irrigante, sendo que seringas de maior tamanho são mais difíceis de controlar (Becker e Woollard, 2001; Boutsoukis *et al.*, 2007). Assim sendo, seringas de 5mL são as mais recomendadas porque há um equilíbrio entre a necessidade de voltar a encher com irrigante e a facilidade de uso (Boutsoukis *et al.*, 2007; Van Der Sluis e Boutsoukis, 2015).

A pressão aplicada na seringa é transmitida para a solução no seu interior, que fica com uma pressão mais elevada relativamente à pressão da ponta da agulha acoplada à seringa. Esta diferença de pressões provoca o movimento do irrigante ao longo da agulha e, por esse motivo, podemos categorizar a IC como uma técnica de pressão positiva (Brunson *et al.*, 2010). O uso da seringa permite controlar a profundidade de inserção da agulha no SCR e o volume de irrigante inserido (Gu *et al.*, 2009).

A fluidez do irrigante depende, também, do tipo de agulha. Devem preferir-se agulhas de menor calibre (28Gauge (G), 30G, 31G) e maior comprimento (16-30mm) pois, assim, há maior garantia de eficácia do irrigante no terço apical. Contudo, embora seja uma objectivo desejável, dada a maior carga bacteriana presente nesta porção do SCR e dada a maior natural dificuldade de instrumentação, neste caso, existe maior probabilidade de extravasamento da solução irrigante dada a proximidade da agulha ao foramen apical. Desta forma, a utilização de agulhas com saída lateral, cujo irrigante alcança o exterior da seringa a cerca de 1mm acima do seu comprimento, libertando, assim, o irrigante contra as paredes laterais do canal, minimiza o risco da saída de irrigante para os tecidos periapicais e permite alcançar melhores níveis de desinfeção do SCR, porque há mais contacto com a solução irrigante (Goldman *et al.*, 1976; Sedgley *et al.*, 2005; Hülsmann, *et al.*, 2009; Boutsoukis *et al.*, 2010; Haapasalo e Shen, 2010; Park *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2016). É também importante que a agulha permaneça solta no interior do SCR de modo a que o fluxo gerado pela solução irrigadora promova o deslocamento, em sentido coronal, da SL e dos detritos, de modo a evitar a extrusão apical inadvertida da solução irrigante. (Gu *et al.*, 2009).

4.1.1- Limitações da Irrigação Convencional

A IC é mais eficaz na limpeza e desinfeção dos terços cervical e médio do SCR do que no terço apical, devido ao reduzido diâmetro do SCR nessa zona, facto que limita o fluxo hidrodinâmico do irrigante (Mendonça *et al.*, 2015; Tanomaru-Filho *et al.*, 2015).

Por outro lado, outros estudos (Zou *et al.*, 2010; Verhaagen *et al.*, 2014) comprovaram que quando recorremos à IC o irrigante só consegue penetrar nos túbulos dentinários poucos μm e que a sua difusão é insuficiente, mesmo sob condições ideais.

Como limitação deste tipo de irrigação temos o facto do irrigante não conseguir avançar mais do que 1 a 2 mm além da ponta da agulha (Munoz e Camacho-Cuadra, 2012), o que no terço

apical pode levar à formação de bolhas de gás que provocam um efeito de bloqueio, comprometendo a limpeza e desinfecção do SCR (Virdee *et al.*, 2018).

Do mesmo modo, está comprovado que o aumento do volume de irrigante não acarreta uma diferença significativa na capacidade de remoção de SL e na desinfecção do SCR podendo a desinfecção do SCR ser melhorada recorrendo à utilização de dispositivos sônicos, ultrassônicos, entre outros (Ahmad *et al.* 1988, Stock 1991; Walters *et al.* 2002; Lee *et al.*, 2004).

4.2- Irrigação Sónica

Em 1985, surgiu o primeiro relato sobre o uso de instrumentos sônicos em Endodontia (Tronstad *et al.*, 1985). De acordo com Halford *et al.*, 2012 e Dumani *et al.*, 2016 o uso de instrumentos sônicos para a ativação das soluções irrigantes em Endodontia auxilia a remoção de SL do SCR, através de um mecanismo de condução acústica (Macedo *et al.*, 2014), como descrito anteriormente (Ahmad *et al.*, 1987).

A geração da corrente acústica oscilatória é feita quando associamos um instrumento sónico a limas de metal, agulhas convencionais com saída lateral ou, mais recentemente, pontas de polímeros descartáveis (Zeng *et al.*, 2018). Estas últimas, permitem-nos agitar de forma eficaz a solução e impedem a remoção acidental de dentina do SCR (Rödig *et al.*, 2019).

4.2.1- Instrumentos Utilizados na Irrigação Sónica

De entre todos os dispositivos sônicos de ativação do irrigante, o EndoActivator® (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA) é o mais estudado (Plotino *et al.*, 2019). É um dispositivo composto por uma peça de mão que usa três pontas de polímero não cortantes, descartáveis e com diferentes tamanhos, que permitem, em segurança, agitar vigorosamente a solução irrigante (Uroz-torres *et al.*, 2010; Ruddle, 2015). Contudo, este dispositivo só pode operar em frequências entre 0,166 e os 0,3 KHz o que se apresenta como uma limitação porque vários estudos demonstraram melhores resultados com dispositivos que oscilam sob frequências mais elevadas (40KHz) (Plotino *et al.*, 2019).

Recentemente, foi introduzido o sistema sónico EDDY® (VDW, Munich, Germany) que é constituído por uma ponta feita com um polímero flexível, facto que a torna mais adaptável às curvaturas do SCR, minimizando o efeito deletério nas paredes canulares (Urban *et al.*,

2017; Haupt *et al.*, 2019). Devido à sua elevada frequência de oscilação (6000 Hertz), desencadeiam-se fenómenos semelhantes aos alcançados com a ativação ultrassónica como a cavitação e a condução acústica (Neuhaus *et al.*, 2016; Plotino *et al.*, 2019).

4.3- Irrigação Ultrassónica

A irrigação com recurso a aparelhos ultrassónicos foi, pela primeira vez, proposta por Richman em 1957 e segundo Lee *et al.*, 2004 uma irrigação intracanal com recurso a instrumentos ultrassónicos está diretamente associada a uma eficiente limpeza e desinfeção do SCR. Assim, o recurso a energia ultrassónica com este propósito foi apelidada por Martin e Cunningham em 1985 como irrigação Endossónica. É utilizado um instrumento, com uma ponta acoplada, que gera vibrações transversais ao longo do seu comprimento (Walmsley, 1987; Walmsley e Williams, 1989). A irrigação ultrassónica pode ser realizada concomitantemente com a instrumentação (UI), em que o instrumento é colocado intencionalmente em contacto com as paredes do SCR, sendo esta técnica especialmente empregue no caso de calcificações canulares, ou apenas recorrendo à irrigação ultrassónica passiva (PUI) (Chen *et al.*, 2016). A PUI, descrita pela primeira vez por Weller *et al.*, 1980, apresenta-se como um método não cortante, em que a energia acústica gerada pelo instrumento é transmitida ao longo do SCR para a solução irrigante dando origem a fenómenos de condução acústica e de cavitação no irrigante, o que facilita a sua penetração no terço apical do SCR, permitindo, então, uma remoção de SL mais eficaz do que no uso da UI (Ahmad *et al.*, 1987; Roy *et al.*, 1994; Van Der Sluis *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2016).

4.3.1- Instrumentos Utilizados na Irrigação Ultrassónica

A ponta Irrisafe® (Satelec/Acteon Group, Bordeaux, França) é uma ponta utilizada na PUI. Pode ter diâmetro ISSO #20 ou ISSO #25 e comprimentos de 21 ou 25 mm, o que nos permite seleccionar a ponta que melhor se adapta ao nosso SCR. Também a configuração não cortante da extremidade da ponta, evita que ocorram perfurações do ápice ou das paredes do SCR, o que permite o seu uso seguro (Van Der Sluis *et al.*, 2010).

As pontas Irri S® (VDW, Munich, Germany) são de configuração fina e lisa e podem ter comprimento 21 ou 25 mm e diâmetro ISSO #25 e permitem a remoção de SL e detritos sem desgastar as paredes do SCR. Por outro lado, as pontas Irri K® (VDW, Munich, Germany)

com comprimentos de 21 ou 25mm e diâmetro ISSO #15 ou ISSO #25 permitem-nos aceder a estruturas anatómicas do SCR delicadas.

4.4- Irrigação Sónica versus Ultrassónica

As principais diferenças estão sumariadas na Tabela 1.

Irrigação Sónica	Irrigação Ultrassónica
Frequência de oscilação 1-6 KHz	Frequência de oscilação 25-30 KHz
A lima tem um único nó na conexão e um anti-nó na ponta.	As limas têm nós e anti-nós ao longo de todo o comprimento.
Aplica menor força de cisalhamento contra as paredes do SCR (Ahmad <i>et al.</i> , 1987)	Aplica maior força de cisalhamento contra as paredes do SCR (Ahmad <i>et al.</i> , 1987).
Menor modificação da superfície do SCR (Kanter <i>et al.</i> , 2011).	Maior modificação da superfície do SCR (Kanter <i>et al.</i> , 2011).
O uso de pontas flexíveis impede o desgaste dentinário do SCR (Rödig <i>et al.</i> , 2019).	Provoca remoção de dentina e deformação do SCR porque usa pontas metálicas (Plotino <i>et al.</i> , 2019).
Ocorre fenómeno de condução acústica, mas não ocorre cavitação porque a frequência de oscilação do instrumento é baixa (Ahmad <i>et al.</i> , 1988).	Induz o fenómeno de condução acústica e cavitação no fluido devido à elevada frequência de oscilação (Ahmad <i>et al.</i> , 1988).

Tabela 1 – Irrigação sónica versus Ultrassónica

III- Discussão

1- Limitações de Metodologia dos Estudos na Análise da Remoção da “Smear Layer”

Apesar de existirem vários tipos de microscópios que nos permitem estudar a SL, até ao final de 2010, verificou-se que o SEM foi o mais utilizado (De Deus *et al.*, 2011). De acordo com o Oxford Centre for Evidence Based Medicine, este método é classificado com grau 2 de evidência (Phillips *et al.* 2009).

Contudo, em 2005 Gulabivala *et al.*, descreveu as desvantagens da avaliação da SL recorrendo a este método. Nas avaliações SEM que usam sistemas de pontuação para avaliar os resultados obtidos, não é possível conhecermos as características da amostra antes da realização da experiência, não se utiliza a mesma amostra. Desta forma, o uso de amostras de controlo não constitui uma vantagem como tentativa de colmatar o carácter subjetivo deste método, porque há uma vasta área de dentina a analisar e o operador pode inconscientemente direcionar-se para observar áreas com maior quantidade de SL (De Deus *et al.*, 2011). O enviesamento poderia ser minimizado se fossem cumpridos os critérios mínimos de

reprodutibilidade inter-examinador e o uso de três observadores. Quando cumpridos estes requisitos, o que é raro, é possível realizar-se a análise estatística Kappa. Esta é responsável por avaliar a concordância inter-observador, de modo a garantir um menor grau de subjetividade nos resultados (George *et al.*, 2008).

Também a magnificação utilizada para avaliação das amostras constitui uma limitação, uma vez que muitos estudos não apresentam dados referentes à magnificação que utilizam, recorrem a diferentes magnificações durante a mesma investigação e quanto maior a magnificação utilizada maior o enviesamento na avaliação porque menor é a área observada (Gulabivala *et al.*, 2005; Urban *et al.*, 2017; Haupt *et al.*, 2019). Assim, esta técnica não nos permite realizar a padronização nem o controlo do local em estudo (De Deus *et al.*, 2011).

Por outro lado, os estudos que utilizam a SEM não têm em conta a dentina esclerótica presente no terço apical do SCR, não a diferenciando verdadeiramente da SL (Vasiliadis *et al.*, 1983). Por este motivo, baseiam a sua avaliação na análise subjetiva da quantidade de túbulos dentinários abertos numa determinada região do SCR (De Deus *et al.*, 2011). Com vista a solucionar este problema Lottanti *et al.*, 2009, desenvolveram um método de análise em que imagens eletrónicas retro-espalhadas da SEM, correspondentes a secções transversais do SCR, são utilizadas para determinar o padrão de desmineralização da dentina em profundidade.

A SEM permite apenas uma visualização bidimensional das amostras, o que não permite visualizar a quantidade de SL presente em profundidade, o que pode levar à ocorrência de falsos resultados durante o processo de avaliação (Costa *et al.*, 2017; Urban *et al.*, 2017; Haupt *et al.*, 2019; Plotino e Colangeli, 2020).

A necessidade de encontrar um método de estudo que com carácter quantitativo, que permita uma visualização longitudinal da amostra e que permita a sua visualização em diferentes tempos da atividade experimental bem como um método que nos permita uma visualização tridimensional do SCR é, naturalmente desejável (De Deus *et al.*, 2006; De Deus *et al.*, 2007).

Com o propósito de colmatar as necessidades anteriormente descritas, Paqué *et al.*, 2009 introduziram um método altamente fiável e quantitativo, a High Resolution Computed Tomography Scans, que permite avaliar a acumulação de detritos e SL no SCR. Este método de avaliação tridimensional que nos permite analisar as amostras em profundidade, não provoca a sua destruição. Do mesmo modo, apresentam-se como vantagens a possibilidade da visualização das amostras em estudo antes, durante e após o período experimental e uma rápida obtenção dos dados analisados (Laib *et al.*, 2009; Li *et al.*, 2015).

Por outro lado, esta técnica tem também algumas limitações, uma vez que apresenta uma reduzida sensibilidade às partículas e a tecidos menos radiopacos, não sendo capaz de exibir alguns dos detritos existentes no interior do SCR (Li *et al.*, 2015).

2- Comparação da Eficácia entre Técnicas de Irrigação

Desde que se estudou o SCR pós instrumentação que se detetou a presença de SL e, recorrendo ao uso de soluções irrigantes, vários métodos para a sua remoção têm sido enumerados (Takeda *et al.*, 1999; Gu *et al.*, 2009; Ayranci *et al* 2016).

Em 2017, Urban *et al.*, com o propósito de observarem a eficácia de várias técnicas de ativação do irrigante na remoção da SL, realizaram um estudo utilizando dentes humanos com canais retos. Neste estudo comparou-se a eficácia da IC, com a ativação recorrendo ao EndoActivator® (EA), ao EDDY® (ED) e à PUI. Verificou-se, que independentemente do método utilizado, o sítio onde ocorreu pior remoção de SL foi o terço apical e que nenhum método foi capaz de remover na totalidade a SL. Nos terços coronal e médio os métodos que obtiveram melhores resultados foram a PUI e o ED enquanto que no terço apical foram o ED e o EA, comprovando-se que há maior remoção de SL quando usamos qualquer um dos métodos de ativação do irrigante do que quando recorremos à IC.

Haupt *et al.*, 2019, comparam a eficácia da IC *versus* a ativação do irrigante recorrendo aos mesmos métodos enumerados anteriormente, desta vez em canais com curvaturas entre os 20-40° e avaliaram as porções coronal e apical do SCR. Aferiram que houveram diferenças significativas na capacidade de limpeza da mesma técnica quando aplicada na zona coronal ou apical, contudo todas as técnicas que implicam a ativação do irrigante foram mais eficientes do que a IC. Na porção coronal obtiveram-se melhores resultados na desinfeção do SCR quando usado o ED e o PUI. Por outro lado, na porção apical, onde a remoção da SL é naturalmente mais difícil, os métodos que se apresentaram mais eficazes são a PUI e o EA. Outros estudos, realizados por Blank-Gonçalves *et al.*, 2011 e Costa *et al.*, 2017, compararam a eficácia de remoção de SL entre a PUI e o EA, no terço apical e concluíram que não existiram diferenças significativas.

Segundo Costa *et al.*, 2017, nas porções coronal e média, o EA apresenta-se mais eficaz do que a PUI contrariamente ao verificado no estudo de Haupt *et al.*, 2019. A disparidade nos resultados obtidos por estes estudos pode dever-se aos diferentes métodos usados para a realização da instrumentação e aos diferentes comprimentos de trabalho (CT). Pode também ser explicada pelo tipo de soluções irrigantes utilizadas nas amostras, uma vez que alguns dos

estudos não utilizam somente o NaOCl, associando-o ao EDTA, de modo a potenciar a remoção de SL (Gulabivala *et al.*, 2010; Paqué *et al.*, 2011).

Quando se promove a ativação do irrigante em simultâneo com a instrumentação vemos que a SL gerada é gradualmente eliminada, diminuindo, assim, a sua acumulação e minimizando a potencial entrada, em profundidade, nos túbulos dentinários (Virdee *et al.*, 2018), conforme comprovado pelo estudo levado a cabo em 2020 por Plotino e Colangeli. Este estudo, em dentes sem curvatura, teve como objetivo a avaliação da quantidade de SL removida recorrendo a todas as técnicas anteriormente enunciadas (IC, EA, ED e PUI) comparando-as, e averiguar a sua eficácia quando aplicados dois protocolos distintos de irrigação. O primeiro protocolo avaliou a eficácia das técnicas quando a ativação do irrigante foi feita apenas após a instrumentação e o segundo pretendeu testar a eficácia da ativação das soluções irrigantes durante e após a instrumentação.

Verificaram que, independentemente do protocolo de ativação, obtiveram-se melhores resultados na remoção da SL quando utilizamos técnicas de ativação do irrigante sónicas ou ultrassónicas do que com a IC, e que a ativação do irrigante durante e após a instrumentação do SCR conferiu sempre melhores níveis de remoção de SL. Quando se procedeu à avaliação das amostras por terços observaram que, nos terços coronal e médio, houve maior capacidade de limpeza por parte do ED seguido pelo PUI e por fim pelo EA, independentemente do modelo de ativação executado. No terço apical, onde se verificam os menores níveis de remoção de SL, quando se realizou a ativação durante e após a instrumentação, a técnica mais eficaz foi a PUI enquanto que, quando realizamos apenas ativação pós instrumentação obtiveram melhores resultados com o ED seguido pela PUI.

Com base nos estudos referidos ao longo deste subcapítulo, e cujo resumo podemos encontrar nas tabelas em anexo(tabela 2, 3 e 4), podemos afirmar que em todos se verificou a impossibilidade de remoção total da SL e que esta se apresenta em maiores quantidades no terço apical, independentemente da anatomia radicular. Isto pode ser explicado pela configuração cónica que o SCR adquire após ser instrumentado, verificando-se assim um decréscimo no diâmetro do SCR de coronal para apical. Desta forma, os túbulos dentinários dos terços coronal e médio são expostos a uma maior quantidade de solução irrigante o que permite que a remoção da SL ocorra com mais facilidade (Gregorio *et al.*, 2013; Elnaghy *et al.*, 2016; Plotino e Grande, 2018).

Por outro lado, verifica-se a presença de dentina esclerótica em maiores quantidades na porção apical do canal, facto que está diretamente relacionado com uma maior dificuldade de remoção da SL (Paqué *et al.*, 2012; Haupt *et al.*, 2019). Isto acontece porque, a dentina

esclerótica apresenta, morfológicamente, uma maior quantidade de tubulos dentinários fechados, o que se traduz numa reduzida permeabilidade dentinária, impedindo a ideal penetração das soluções irrigantes. Como há menos penetração do irrigante, a desinfecção do SCR fica limitada e é insuficiente face ao ideal (Paqué *et al.*, 2006; Lottanti *et al.*, 2009)

De acordo com Chow, 1983 a eficácia de um irrigante depende da capacidade de o colocar em contacto com os materiais e estruturas a remover. Os fenómenos de condução acústica e de cavitação provocados pelos instrumentos sónicos e ultrassónicos, nas soluções irrigadoras, permitem um maior contacto destas com as paredes do SCR e uma maior penetração nos túbulos dentinários, contrariamente ao que acontece quando fazemos uso da IC (Krell *et al.*, 1988; Lumley *et al.*, 1991; Van Der Sluis *et al.*, 2007). Desta forma, pode ser explicada a maior eficiência de qualquer uma das técnicas de ativação da irrigação - sónica ou ultrassónica - face à IC para a remoção da SL comprovada em todos os estudos supramencionados.

Tendo em conta os estudos de Urban *et al.*, 2017 e Haupt *et al.*, 2019 vemos que, quer se trate de um SCR curvo ou reto, na parte coronal as técnicas mais eficazes para a remoção da SL são a PUI e o ED devido aos fenómenos de cavitação e condução acústica que induzem (Gu *et al.*, 2009; Li *et al.*, 2015). O EA, não apresenta resultados tão satisfatórios porque não é capaz de desencadear cavitação no irrigante.

O ED e o EA possuem pontas flexíveis e, por esse motivo, têm maior facilidade em alcançar certas zonas do SCR, nomeadamente as mais profundas, independentemente do grau de curvatura do canal (Urban *et al.*, 2017). Contudo, apesar de operarem com frequências muito mais reduzidas do que a PUI, os seus movimentos têm uma amplitude muito maior que pode não ser compatível com o diâmetro do SCR (Jiang *et al.*, 2010).

Assim, o facto de serem flexíveis, contrariamente à PUI, que apresenta movimentos de reduzida amplitude, não torna estas técnicas obrigatoriamente mais eficazes para a remoção de SL do terço apical uma vez que a amplitude dos seus movimentos pode provocar o choque com as paredes do SCR limitando a sua ação e potenciando a formação de detritos e SL (Ahmad *et al.*, 1988; Amato *et al.*, 2011; Rius *et al.*, 2020). Podemos comprovar isto pela indicação da PUI como método eficaz para remoção da SL no terço apical em vários estudos (Sabins *et al.*, 2003; Jiang *et al.*, 2010).

Também é questionado, por diversos autores, qual o diâmetro ideal na constrição apical de modo a permitir uma correta limpeza do SCR (Plotino e Colangeli, 2020). Vários estudos demonstraram que a constrição apical deve ter um diâmetro suficientemente grande para permitir a circulação dos instrumentos utilizados na irrigação e para permitir a deslocação do

fluido livremente em todo o SCR (Fornari *et al.*, 2010; Plotino *et al.*, 2014; Costa *et al.*, 2017). Para que isto ocorra, chegou-se à conclusão de que o diâmetro apical deverá ser maior do que ISO #25, que também permite que se obtenham melhores resultados quando usada a IC e não acomete risco de extravasamento das soluções para os tecidos periapicais (Coldero *et al.*, 2002; Boutsoukis *et al.*, 2009; (Sant'Anna Júnior *et al.*, 2014).

Os estudos analisados para a discussão desta revisão narrativa possuem dados bastante heterogêneos. Não analisam o mesmo número nem tipo de dentes como amostra, utilizam diferentes técnicas para a instrumentação do SCR e não utilizam as mesmas concentrações, tempos de ativação e, em alguns casos, o mesmo tipo de soluções irrigantes (Boutsoukis *et al.*, 2010). Relativamente às técnicas de ativação do irrigante, a PUI é realizada com recurso a diferentes pontas, e são utilizadas diferentes intensidades e potências por parte dos dispositivos de ativação, tanto na PUI como quando se empregam as técnicas sônicas (Jiang *et al.*, 2011). Também a profundidade de inserção dos instrumentos (Perez *et al.*, 2016), a conicidade e curvatura do SCR e o diâmetro apical variam entre estudos. Desta forma, podemos afirmar que os estudos não são passíveis de ser comparados.

IV- Conclusões

Verificou-se que em todas as técnicas estudadas (IC, EA, ED e PUI) ocorre maior acumulação de *SL* no terço apical dos canais radiculares face às restantes porções e que nenhum método é capaz de a remover na sua totalidade. Do mesmo modo, as técnicas sônicas e ultrassônicas são em todos os casos mais eficazes do que a irrigação convencional. Aferiu-se ainda que, quando realizamos a ativação do irrigante após ou durante e após a instrumentação canal, obtemos melhores resultados quando fazemos uso do segundo método.

Dada a heterogeneidade dos estudos, estes não são comparáveis pelo que não foi possível selecionar de entre as técnicas de ativação do irrigante qual a mais eficaz.

Todas as técnicas de ativação do irrigante se mostraram superiores à IC. Foi, ainda, possível concluir que a ativação do irrigante concomitantemente à instrumentação permite melhores resultados.

Apesar dos estudos não serem comparáveis, a PUI é a que apresenta resultados mais homogêneos para a remoção de *Smear Layer* ao longo de todo o canal e é indicada como uma das técnicas mais eficazes ao longo de todos os estudos.

Referências Bibliográficas:

- Ahmad, M. et al. (1988). Ultrasonic debridement of root canals: Acoustic cavitation and its relevance. *Journal of endodontics*, 14(10), pp. 486–493.
- Ahmad, M., Ford, T. e Crum, L. (1987). Ultrasonic Debridement of Root Canals: Acoustic Streaming and Its Possible Role. *Journal of endodontics*, 13(10), pp. 490–499.
- Alamoudi, R. (2019). The smear layer in endodontic: To keep or remove-an updated overview. *Saudi Endodontic Journal*, 9(2), pp. 71–81.
- Amato, M., Vanoni-heineken, I. e Hecker, H. (2011). Curved versus straight root canals: the benefit of activated. YMOE. Elsevier Inc., 111(4), pp. 529–534.
- Andriukaitiene, L. et al. (2018). The effect of smear layer removal on E. faecalis leakage and bond strength of four resin-based root canal sealers. *BMC Oral Health*, pp. 1–9.
- Arslan, H. et al. (2014). Effect of citric acid irrigation on the fracture resistance of endodontically treated roots. *European Journal of Dentistry*, 8(1), pp. 74–78.
- Ayranci, L. et al. (2016). Effectiveness of Laser-Assisted Irrigation and Passive Ultrasonic Irrigation Techniques on Smear Layer Removal in Middle and Apical Thirds. *Wiley Periodicals, Inc.*, 38, pp. 121–127.
- Basrani, B. e Haapasalo, M. (2013). Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic Topics*, 27, pp. 74–102.
- Baumgartner, J. e Mader, C. (1987). A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation systems. *Journal of endodontics*, 13, pp. 147–157.
- Becker, T. e Woollard, G. (2001). Endodontic irrigation. *General dentistry*, 49(3), pp. 272–276.
- Blank-Gonçalves, L. et al. (2011). Qualitative Analysis of the Removal of the Smear Layer in the Apical Third of Curved Roots: Conventional Irrigation versus Activation Systems. *Journal of endodontics*, 37(9), pp. 1268–1271.
- Boutsioukis, C. et al. (2007). Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles. *International Endodontic Journal*, 40(7), pp. 504–513.
- Boutsioukis, C. et al. (2010). Evaluation of Irrigant Flow in the Root Canal Using Different Needle Types by an Unsteady Computational Fluid Dynamics Model. *Journal of Endodontics*. American Association of Endodontists, 36(5), pp. 875–879.
- Boutsioukis, C., Lambrianidis, T. e Kastrinakis, E. (2009). Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a Computational Fluid Dynamics study. *International Endodontic Journal*, 42, pp. 144–155.
- Brännström, M. e Johnson, G. (1974). Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: A scanning electron microscopic investigation. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 31(4), pp. 422–430.
- Brunson, M. et al. (2010). Effect of Apical Preparation Size and Preparation Taper on Irrigant Volume Delivered by Using Negative Pressure Irrigation System. *Journal of endodontics*. Elsevier Ltd, 36(4), pp. 721–724.
- Bukhari, S. e Babaeer, A. (2019). Irrigation in Endodontics: a Review. *Current Oral Health Reports*, 6(4), pp. 367–376.
- Byström, A. e Sunqvist, G. (1985). The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International Endodontic Journal*, 18(1), pp. 35–40.
- Çalt, S. e Serper, A. (2002). Time-Dependent Effects of EDTA on. *Journal of endodontics*, 28(1), pp. 17–19.

- Cameron, J. (1983). The Use of Ultrasonics in the Removal of the Smear Layer: A Scanning Electron Microscope Study. *Journal of endodontics*, 9(7), pp. 289–292.
- Cergneux, M. et al. (1987). The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *International Endodontic Journal*, 20(5), pp. 228–232.
- Chen, S. et al. (2016). Comparison between ultrasonic irrigation and syringe irrigation in clinical and laboratory studies. *Journal of Oral Science*, 58(3), pp. 373–378.
- Chianello, G. et al. (2008). Surface Finishing of Unused Rotary Endodontic Instruments: A SEM Study. *Brazilian Dental Journal*, 19(2), pp. 109–113.
- Chow, T. (1983). Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *Journal of endodontics*, 9(11), pp. 475–479.
- Coldero, L. et al. (2002). Reduction in intracanal bacteria during root canal preparation with and without apical enlargement. *International Endodontic Journal*, 35, pp. 437–446.
- Costa, T. et al. (2017). Ex-vivo Smear Layer Removal Efficacy of Two Activated Irrigation Techniques After Reciprocating Instrumentation in Curved Canals. *The Open Dentistry Journal*, 11, pp. 512–519.
- Danilatos, G. (1993). Bibliography of environmental scanning electron microscopy. *Microscopy Research and Technique*, 25(5–6), pp. 529–534.
- De-Deus, G. et al. (2006). Real-time atomic force microscopy of root dentine during demineralization when subjected to chelating agents. *International Endodontic Journal*, 39(9), pp. 683–692.
- De-deus, G. et al. (2007). Dentin Demineralization When Subjected to BioPure MTAD: A Longitudinal and Quantitative Assessment. *Journal of endodontics*, 33(11), pp. 1364–1368.
- De-Deus, G. et al. (2008). Dentine demineralization when subjected to EDTA with or without various wetting agents: A co-site digital optical microscopy study. *International Endodontic Journal*, 41(4), pp. 279–287.
- De-Deus, G. et al. (2008). Limited Ability of Three Commonly Used Thermoplasticized Gutta-Percha Techniques in Filling Oval-shaped Canals. *Journal of endodontics*, 34(11), pp. 1401–1405.
- De-deus, G. et al. (2008). Longitudinal and quantitative evaluation of dentin demineralization when subjected to EDTA , EDTAC , and citric acid : a co-site digital optical microscopy study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 105(3), pp. 391–397.
- De-Deus, G., Reis, C. e Paciornik, S. (2011). Critical appraisal of published smear layer-removal studies: Methodological issues. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. Elsevier Inc., 112(4), pp. 531–543.
- Demirel, A. et al. (2019). The effect of different irrigation protocols on smear layer removal in root canals of primary teeth: a SEM study. *Acta Odontologica Scandinavica*. Taylor & Francis, 77(5), pp. 380–385.
- Dioguardi, M. et al. (2018). Endodontic irrigants: Different methods to improve efficacy and related problems. *European Journal of Dentistry*, 12(3), pp. 459–66.
- Drake, D. et al. (1994). Bacterial retention in canal walls in vitro: Effect of smear layer. *Journal of endodontics*, 20(2), pp. 78–82.
- Dumani, A. et al. (2016). Antibacterial Efficacy of Calcium Hypochlorite with Vibringe Sonic Irrigation System on Enterococcus faecalis: An in Vitro Study. *BioMed Research International*, 2016.
- Elnaghy, A., Mandorah, A. e Elsaka, S. (2016). Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator , and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals : a comparative study. *Odontology*. Springer Japan.

- Endal, U. et al. (2011). A high-resolution computed tomographic study of changes in root canal isthmus area by instrumentation and root filling. *Journal of endodontics*, 37(2), pp. 223–227.
- Fornari, V. et al. (2010). Histological evaluation of the effectiveness of increased apical enlargement for cleaning the apical third of curved canals. *International Endodontic Journal*, (43), pp. 988–994.
- Galvan, D. et al. (1994). Effect of smear layer removal on the diffusion permeability of human roots. *Journal of endodontics*, 20(2), pp. 83–86.
- George, R., Rutley, E. e Walsh, L. (2008). Evaluation of Smear Layer: A Comparison of Automated Image Analysis versus Expert Observers. *JOEN. Elsevier Inc.*, 34(8), pp. 999–1002.
- George, S., Kishen, A. e Song, K. (2005). The Role of Environmental Changes on Monospecies Biofilm Formation on Root Canal Wall by *Enterococcus faecalis*. *Journal of endodontics*, 31(12), pp. 867–872.
- Gliksberg, J. (1995). An in vitro evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonic and subsonic handpieces and irrigating needles and probes. *Journal of endodontics*, 21(5), pp. 277–280.
- Goldman, L. et al. (1981). The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: A scanning electron microscopic study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 52(2), pp. 197–204.
- Goldman, M. et al. (1976). New method of irrigation during endodontic treatment. *Journal of endodontics*, 2(9), pp. 257–260.
- Gregorio, C. De et al. (2013). Effect of Apical Size and Taper on Volume of Irrigant Delivered at Working Length with Apical Negative Pressure at Different Root Curvatures. *Journal of endodontics*. Elsevier Ltd, 39(1), pp. 119–124.
- Gu, L. et al. (2009). Review of Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. *Journal of endodontics*. Elsevier Ltd, 35(6), pp. 791–804.
- Gulabivala, K. et al. (2005). Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endodontic Topics*, 10, pp. 103–122.
- Gulabivala, K. et al. (2010). The fluid mechanics of root canal irrigation. *Physiological Measurement*, 31, pp. 49–84.
- Gutarts, R. et al. (2005). In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *Journal of endodontics*, 31(3), pp. 166–170.
- Gutmann, L., e Manjarrés, V. (2019). Disinfection of GPcones prior to obturation: a smattering of historical perspectives with a focus on contemporary considerations. *Endodontic Practice Today*, 13(3).
- Haapasalo, M. e Ørstavik, D. (1987). In vitro Infection and Disinfection of Dentinal Tubules. *Journal of Dental Research*, 66(8), pp. 1375–1379.
- Haapasalo, M. e Shen, Y. (2010). Irrigation in Endodontics Endodontics Irrigation Root canal Irrigant. *Dental Clinics of NA*. Elsevier Ltd, 54(2), pp. 291–312.
- Haapasalo, M. et al. (2005). Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic Topics*, 10(1), pp. 77–102.
- Haapasalo, M. et al. (2014). Irrigation in endodontics. *Nature Publishing Group*. pp. 299–303.
- Halford, A. et al. (2012). Synergistic effect of microbubble emulsion and sonic or ultrasonic agitation on endodontic biofilm in vitro. *Journal of endodontics*. Elsevier Ltd, 38(11), pp. 1530–1534.
- Haupt, F. et al. (2019). Effectiveness of different activated irrigation techniques on debris and smear layer removal from curved root canals: a SEM evaluation. *Australian Endodontic Journal*, pp. 1–7.
- Holliday, R. (2014) Traditional and Contemporary Techniques for Optimizing Root Canal Irrigation.

- Hu, S. et al. (2019). Evaluation of needle movement effect on root canal irrigation using a computational fluid dynamics model. *BioMedical Engineering Online. BioMed Central*, 18(1), pp. 1–15
- Hülsmann, M., Claudia, R. e Sch, F. (1997). Root Canal Cleanliness After Preparation with Different Endodontic Handpieces and Hand Instruments: A Comparative SEM Investigation. *Journal of endodontics*, 23(5), pp. 301–306.
- Hülsmann, M., Heckendorff, M. e Lennon, Á. (2003). Chelating agents in root canal treatment: Mode of action and indications for their use. *International Endodontic Journal*, 36(12), pp. 810–830.
- Hulsmann, M., Peters, O. e Dummer, P. (2005). Mechanical preparation of root canals : shaping goals , techniques and means. *Endodontic Topics*, (10), pp. 30–76.
- Hülsmann, M., Rödig, T. e Nordmeyer, S. (2009). Complications during root canal irrigation. *Endodontic Topics*, (16), pp. 27–63.
- Jiang, L. et al. (2010). Influence of the Oscillation Direction of an Ultrasonic File on the Cleaning Efficacy of Passive Ultrasonic Irrigation. *Journal of endodontics. Elsevier Ltd*, 36(8), pp. 1372–1376.
- Jiang, L. et al. (2011). The Influence of the Ultrasonic Intensity on the Cleaning Efficacy of Passive Ultrasonic Irrigation. *Journal of endodontics. Elsevier Ltd*, 37(5), pp. 688–692.
- Kandaswamy, D. e Venkateshbabu, N. (2010). Root canal irrigants. *Journal of Conservative Dentistry*, 13(4), p. 256
- Kanter, V. et al. (2011). A quantitative and qualitative analysis of ultrasonic versus sonic endodontic systems on canal cleanliness and obturation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology. Elsevier Inc.*, 112(6), pp. 809–813.
- Karade, P. et al. (2017). Efficiency of different endodontic irrigation and activation systems in removal of the smear layer: A scanning electron microscopy study. *Iranian Endodontic Journal*, 12(4), pp. 414–418.
- Kato, A., et al. (2016). Investigation of the efficacy of passive ultrasonic irrigation versus irrigation with reciprocating activation: an environmental scanning electron microscopic study. *Journal of endodontics*, 42(4), pp.659-663
- Krell, K., Johnson, R. e Madison, S. (1988). Irrigation Patterns during Ultrasonic Canal. *Journal of endodontics*, 14(2), pp. 65–68.
- Laib, A. et al. (2009). Hard-Tissue Debris Accumulation Analysis by High-Resolution Computed Tomography Scans. *Journal of endodontics. Elsevier Ltd*, 35(7), pp. 1044–1047.
- Lee, S., Wu, M. e Wesselink, P. (2004). The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *International Endodontic Journal*, 37, pp. 672–678.
- Li, D. et al. (2015). Efficacy of Needle, Ultrasonic, and Endoactivator Irrigation and Photon-Induced Photoacoustic Streaming in Removing Calcium Hydroxide from the Main Canal and Isthmus: An In Vitro Micro-Computed Tomography and Scanning Electron Microscopy Study. *Photomedicine and Laser Surgery*, 33(6), pp. 330–337.
- Lottanti, S. et al. (2009). Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *International Endodontic Journal*, 42, pp. 335–343.
- Lumley, J., Walmsley, A. e Laird, W. (1991). Streaming patterns produced around endosonic files. *International Endodontic Journal*, 24, pp. 290–297.

- Macedo, R. et al. (2014). Cavitation measurement during sonic and ultrasonic activated irrigation. *Journal of endodontics*. Elsevier Ltd, 40(4), pp. 580–583.
- Mader, C., Baumgartner, J. e Peters, D. (1984). Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *Journal of endodontics*, 10(10), pp. 477–483.
- Mandel, E., Machtou, P. e Friedman, S. (1990). Scanning electron microscope observation of canal cleanliness. *Journal of endodontics*, 16(6), pp. 279–283.
- Martin, H. e Cunningham, W. (1985). Endosonics – The ultrasonic synergistic system of endodontics. *Dental Traumatology*, 1(6), pp. 201–206.
- Mendonça, D. et al. (2015). Effects of various irrigation/aspiration protocols on cleaning of flattened root canals. *Brazilian oral research*, 29(1), pp. 1–9.
- Meryon, S. e Brook, A. (1990). Penetration of dentine by three oral bacteria in vitro and their associated cytotoxicity. *International Endodontic Journal*, 23(i), pp. 196–202.
- Munoz, H. e Camacho-Cuadra, K. (2012). In vivo efficacy of three different endodontic irrigation systems for irrigant delivery to working length of mesial canals of mandibular molars. *Journal of endodontics*. Elsevier Ltd, 38(4), pp. 445–448.
- Nair, R. et al. (2005). Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after “one-visit” endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 99(2), pp. 231–252.
- Nasleena, K. et al. (2017). Smear Layer In Endodontics: a review. *Dental Bites*, 4(3), pp. 40–46.
- Neelakantan, P. et al. (2019). Effectiveness of irrigation strategies on the removal of the smear layer from root canal dentin. *Odontology*. Springer Japan, 107(2), pp. 142–149.
- Neuhaus, K. et al. (2016). Antibacterial Efficacy of a New Sonic Irrigation Device for Root Canal Disinfection. *Journal of endodontics*. Elsevier Ltd, pp. 1–5.
- Nogo-Živanović, D. et al. (2019). The effect of final irrigation with MTAD, QMix, and EDTA on smear layer removal and mineral content of root canal dentin. *Microscopy Research and Technique*, 82(6), pp. 923–930.
- Nur, S., Ekim, A. e Erdemir, A. (2015). Comparison of Different Irrigation Activation Techniques on Smear Layer Removal: An in vitro Study. *Microscopy Research and Technique*, pp. 1–10.
- Ørstavik, D. e Haapasalo, M. (1990). Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Dental Traumatology*, 6(4), pp. 142–149.
- Paqué, F. et al. (2006). Tubular sclerosis rather than the smear layer impedes dye penetration into the dentine of endodontically instrumented root canals. *International Endodontic Journal*, 39, pp. 18–25.
- Paqué, F., Al-Jadaa, A. e Kfir, A. (2012). Hard-tissue debris accumulation created by conventional rotary versus self-adjusting file instrumentation in mesial root canal systems of mandibular molars. *International Endodontic Journal*, 45, pp. 413–418.
- Paqué, F., Barbakow, F. e Peters, O. (2005). Root canal preparation with Endo-Eze AET: Changes in root canal shape assessed by micro-computed tomography. *International Endodontic Journal*, 38(7), pp. 456–464.
- Paqué, F., Boessler, C. e Zehnder, M. (2011). Accumulated hard tissue debris levels in mesial roots of mandibular molars after sequential irrigation steps. *International Endodontic Journal*, 44(2), pp. 148–153.
- Paqué, F., Ganahl, D. e Peters, O. (2009). Effects of Root Canal Preparation on Apical Geometry Assessed by Micro-Computed Tomography. *Journal of endodontics*. Elsevier Ltd, 35(7), pp. 1056–1059.

- Park, E. et al. (2013). Apical pressure and extent of irrigant flow beyond the needle tip during positive-pressure irrigation in an in vitro root canal model. *Journal of endodontics*. Elsevier Ltd, 39(4), pp. 511–515.
- Pashley, D. (1985). Dentin-predentin complex and its permeability: physiologic overview. *Journal of Dental Research*, 64 Spec No, pp. 613–620.
- Perez, R. et al. (2016). Impact of needle insertion depth on the removal of hard-tissue debris. *International Endodontic Journal*, pp. 1–9.
- Perin, C. et al. (2018). Evaluation of the influence of smear layer removal on the apical leakage: in vitro study. *Oral Health and Dental Management*, 17(4), pp. 1–4.
- Peters, L. et al. (2001). Viable bacteria in root dentinal tubules of teeth with apical periodontitis. *Journal of endodontics*, 27(2), pp. 76–81.
- Peters, O. et al. (2003). ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *International Endodontic Journal*, (36), pp. 86–92.
- Phillips B, Ball C, Sackett D et al. (2009) Oxford Centre for Evidence-based Medicine Levels of Evidence in Level of Evidence and Grades of Recommendation, em [http:// www.cebm.net/oxford-centre-evidence-based-medicine-levels-evidence-march-2009/](http://www.cebm.net/oxford-centre-evidence-based-medicine-levels-evidence-march-2009/), [acedido a 10 junho de 2017].
- Plotino, G. e Grande, N. (2018). Influence of size and taper of basic root canal preparation on root canal cleanliness: a scanning electron microscopy study. *International Endodontic Journal*, 1, pp. 1–9.
- Plotino, G. et al. (2014). Influence of Different Apical Preparations on Root Canal Cleanliness in Human Molars: a SEM Study. *Journal of Oral & Maxillofacial Research*, 5(2), pp. 1–8
- Plotino, G. et al. (2019). Efficacy of sonic and ultrasonic irrigation devices in the removal of debris from canal irregularities in artificial root canals. *Journal of Applied Oral Science*, 27, pp. 1–6.
- Qian, W., Shen, Y. e Haapasalo, M. (2011). Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *Journal of endodontics*. Elsevier Ltd, 37(10), pp. 1437–1441.
- Ramachandra, A. et al. (2015). Root canal irrigants in primary teeth. *World Journal of Dentistry*, 6(4), pp. 229–234.
- Rius, L. et al. (2020). Analysis of the smear layer generated by different activation systems: an in vitro study. *Clinical Oral Investigations*.
- Robinson, J. et al. (2018). Cleaning lateral morphological features of the root canal: the role of streaming and cavitation. *International Endodontic Journal*, 51, pp. e55–e64.
- Rödig, T. et al. (2019). Micro-CT evaluation of sonically and ultrasonically activated irrigation on the removal of hard-tissue debris from isthmus-containing mesial root canal systems of mandibular molars. *International Endodontic Journal*, 52(8), pp. 1173–1181.
- Roy, R., Ahmad, M. e Crum, L. (1994). Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *International Endodontic Journal*, 27(4), pp. 197–207.
- Ruddle, C. (2015). Endodontic disinfection: Tsunami irrigation. *Saudi Endodontic Journal*, 5(1), pp. 1–12.
- Saber, D. e Hashem, R. (2011). Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. *Journal of endodontics*. Elsevier Ltd, 37(9), pp. 1272–1275.
- Sabins, R., Johnson, J. e Hellstein, J. (2003). A Comparison of the Cleaning Efficacy of Short- Term Sonic and Ultrasonic Passive Irrigation after Hand Instrumentation in Molar Root Canals. *journal of endodontics*, 29(10), pp. 674–678.

- Safavi, K., Spngberg, L. e Langeland, K. (1990). Root canal dentinal tubule disinfection. *Journal of endodontics*, 16(5), pp. 207–210.
- Sant’Anna Júnior, A. et al. (2014). The Effect of Larger Apical Preparations in the Danger Zone of Lower Molars Prepared Using the Mtwo and Reciproc Systems. *Journal of endodontics*, 40(11), pp. 1–5.
- Schmidt,F. et al. (2015). Effect of Ultrasonic Activation of Irrigants on Smear Layer Removal. *Journal of endodontics*, 41(8), pp. 1359–1363.
- Sedgley, C. et al. (2005). Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. *International Endodontic Journal*, (38), pp. 97–104.
- Shahravan, A. et al. (2007). Effect of Smear Layer on Sealing Ability of Canal Obturation: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of endodonticstics*, 33(2), pp. 96–105.
- Silva, P. et al. (2016). Apical extrusion of debris and irrigants using different irrigation needles. *Brazilian Dental Journal*, 27(2), pp. 192–195.
- Simezo, P. et al. (2017). Comparative Analysis of Dentinal Erosion after Passive Ultrasonic Irrigation versus Irrigation with Reciprocating Activation: An Environmental Scanning Electron Study. *Journal of endodontics*, 43(1), pp. 141–146.
- Siqueira, J. (2001). Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *International Endodontic Journal*, (34), pp. 1–10.
- Siqueira, J. e Rôças, I. (2008). Clinical Implications and Microbiology of Bacterial Persistence after Treatment Procedures. *Journal of endodontics*, 34(11).
- Smith,J. e Wayman, E. (1986). An evaluation of the antimicrobial effectiveness of citric acid as a root canal irrigant. *Journal of endodontics*, 12(2), pp. 54–58
- Sonu, K. et al. (2016). “Comparative evaluation of dentinal penetration of three different endodontic sealers with and without smear layer removal” - Scanning electron microscopic study. *Saudi Endodontic Journal*, (6), pp. 16–20.
- Stock, R. (1991). Current status of the use of ultrasound in endodontics. *International Dental Journal* 41, pp. 175–82.
- Swimberghe, R. et al. (2018). Efficacy of sonically, ultrasonically and laser -activated irrigation in removing a biofilm -mimicking hydrogel from an isthmus model. *International Endodontic Journal*, 52(4), pp. 515–523.
- Takeda, F. et al. (1999). A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *International Endodontic Journal*, (32), pp. 32–39.
- Tanomaru-Filho, M. et al. (2015). Cleaning of Root Canal System by Different Irrigation Methods. *The journal of contemporary dental practice*, 16(11), pp. 859–863.
- Tronstad, L. et al. (1985). Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Dental Traumatology*, 1(2), pp. 69–76.
- Urban, K. et al. (2017). Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clinical Oral Investigation. Clinical Oral Investigations*, (21), pp. 2681–2687.
- Uroz-torres, D., Gonza, M. e Ferrer-luque, C. (2010). Effectiveness of the EndoActivator System in Removing the Smear Layer after Root Canal Instrumentation. *Journal of endodontics*, 36(2), pp. 308–311.
- Van Der Sluis, L et al. (2010). Study on the Influence of Refreshment / Activation Cycles and Irrigants on Mechanical Cleaning Efficiency During Ultrasonic Activation of the Irrigant. *Journal of endodontics*. Elsevier Ltd, 36(4), pp. 737–740.

- Van Der Sluis, L. et al. (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: A review of the literature. *International Endodontic Journal*, 40(6), pp. 415–426.
- Vasiliadis, L., Darling, A. e Levers, B. (1983). The Amount and Distribution of Sclerotic Human Root Dentine. *Archives of Oral Biology*, 28(7), pp. 645–649.
- Verhaagen, B. et al. (2014). Irrigant transport into dental microchannels. *Microfluid Nanofluid*, 16(6), pp. 1165–1177.
- Versiani, M. et al. (2014). 3D mapping of the irrigated areas of the root canal space using micro-computed tomography.
- Violich, D. e Chandler, N. (2010). The smear layer in endodontics – a review. *International Endodontic Journal*, (43), pp. 2–15.
- Virdee, S. et al. (2018). Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal*, 51(6), pp. 605–621.
- Walmsley, A. (1987). Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *International Endodontic Journal*, 20(3), pp. 105–111.
- Walmsley, A. e Williams, A. (1989). Effects of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. *Journal of endodontics*, 15(5), pp. 189–194.
- Wang, Z., Shen, Y., Haapasalo, M. (2013). Effect of smear layer against disinfection protocols on enterococcus faecalis-infected dentin. *Journal of endodontics*. Elsevier Ltd, 39(11), pp. 1395–1400.
- Weller, R., Brady, J. e Bernier, W. (1980). Efficacy of ultrasonic cleaning. *Journal of endodontics*, 6(9), pp. 740–743.
- Williams, S. e Goldman, M. (1985). Penetrability of the Smeared Layer by a Strain of *Proteus vulgaris*. *Journal of endodontics*, 11(9), pp. 9–12.
- Yamada, R. S. et al. (1983). A Scanning Electron Microscopic Comparison of a High Volume Final Flush with Several Irrigating Solutions: Part 3. *Journal of endodontics*, 9(4), pp. 137–142.
- Yang, S. e Bae, K. (2002). Scanning electron microscopy study of the adhesion of *Prevotella nigrescens* to the dentin of prepared root canals. *Journal of endodontics*, 28(6), pp. 433–437.
- Zeng, C. et al. (2018). Antibacterial efficacy of an endodontic sonic-powered irrigation system: An in vitro study. *Journal of Dentistry*, 75(May), pp. 105–112.
- Zou, L. et al. (2010). Penetration of Sodium Hypochlorite into Dentin. *Journal of endodontics*. American Association of Endodontists, 36(5), pp. 793–796.

Anexos:

Nome Artigo	Autor	Objetivo	Crítérios Inclusão e Exclusão	Preparação de Amostras	Grupos experimentais	Método de análise e Avaliação	Resultados	Conclusões importantes
Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation	Urban <i>et al.</i> , 2017	Estudar a eficácia de diferentes métodos de activação da irrigação na remoção da SL e detritos nos terços coronal, médio e apical de canais radiculares RETOS	-58 PM Md uniradiculares extraídos por motivos perio/orto; -2 rx (vl e dm) C. Inclusão: - Dentes permanentes; - Ápice intacto e com calibre 25; - S/ t tendo prévio - S/ rest. extensas. C. Exclusão: - Canais ovais; - Cáries radiculares; - Fissuras e fraturas.	- 58 PM Md (não descoroados; preparados para o tamanho #40.00; cobertos com cera para simular sistema fechado; - 1 operador - Reciproc 40 VDW, VDW silver motor; - 2.5ml NaOCl 3%, 30 seg c/ seringa aberta na ponta para medida comprimento-1, por ciclo. Cada ciclo tem 3 movimentos de inserção/remoção; - Após isto, ativação irrigação 12ml NaOCl (3 ciclos de 30 seg com 4ml NaOCl 3% cada) Grupos com 12 dentes;	I.Manual: 3 ciclos de 30 seg com 4ml NaOCl 3% cada com seringa; EA- 3 ciclos de 30 seg com 4ml NaOCl 3% usa ponta sónica EA tamanho 25.04 acoplada a inst. Sónico a 166Hz; EDDY- 3 ciclos de 30 seg com 4ml NaOCl 3%, mas com o EDDY tamanho #25.04 e 6000Hz; PUI- 3 ciclos de 30 seg com 4ml NaOCl 3%, mas com ponta IrriS tamanho 25 e VDW- ultra device; usada com 30KHz Controlo negativo - (10 dentes) - sem irrigação	Av. SEM: - Raízes cortadas longitudinalmente, secaram 24H °C ambiente, só se usou uma das metades de cada (V/L); - Depois de ver tirou-se fotografia e Av. SL nos 1/3 coronal, médio e apical (não se inclui na visualização áreas ã instrumentadas e área além do CT); - Analisou-se SL com 1000x magnificação; - 58x3= 348 imagens analisadas 2x com intervalo 48H por 2 observadores. Quando discordavam tinham de chegar a consenso; - Escala de pontuação com 5 nveis - Kruskall wallis e testes qui quadrado	SL-> + SL no terço apical do que coronal e médio independentement e do método usado; - PUI E EDDY (porque fluxo acústico e cavitação) remove + SL do que MI, sem diferenças significativas entre elas; EDDY E EA- + fácil remover em apical porque ponta. flexível	LIMITAÇÕES SEM: - Bidimensional, n permite ver espessura; - Só se vê áreas limitadas do canal. H0- rejeitada- porque todos os métodos são superiores quando comparados com MI; - Em apical menor remoção porque menor diâmetro. - Dentina esclerótica em apical- + difícil remover SL
Effectiveness of different activated irrigation techniques on debris and smear layer removal from curved root canals: a SEM evaluation	Haupt <i>et al.</i> , 2019	Av. Da Eficácia de diferentes sistemas de ativação do irrigante na remoção detritos e SL de CANAIS CURVOS H0- todas as técnicas com = resultado	-90 M Md extraídos por perio/orto; RX –VL- curvatura canal de acordo com método Schneider; C. Inclusão: - Dentes permanentes; - Ápices intactos; - S/ tt endo; - S/ rest. Extensas; - Curvatura raiz 20-40°; C. Exclusão: - Cáries radiculares; - Fissuras e fraturas; - Dentes em que é possível para introduzir pelo F.A instrumento c/ calibre maior que 20.	- Dentes em solução de cloramina-t 0,5%; - Determinou-se CT em comprimento -1. Removeu-se a coroa para termos comprimento de 19 e trabalhamos em todos os dentes a 19-1=18mm; - Dentes envolvidos em cera para simular sistema fechado e tecidos periodontais; - Glide path com limas k10 e 15; - Instrumentou-se o canal ML-K40 Grupos com 20 dentes + Grupo controlo com 10	I.Manual: 2ml NaOCl 3%, 20 seg x 3 ciclos (6ml e 60 seg, total) com seringa calibre 30 CT-1; EA- 3 ciclos 2ml NaOCl 3% c/ ponta EA ponta 25.04, 1000cpm p/ CT-1; EDDY- 3 ciclos 2ml NaOCl 3% c/ ponta Eddy 25.04 e 5000Hz em sonic air scaler, CT-1; PUI- 3 ciclos 2ml NaOCl 3% c/ 30KHz com lima k15 para ct-1; Controlo neg- 10 dentes, sem irrigação	Av. SEM: - Raízes cortadas longitudinalmente, secaram °C ambiente 24H; - Só se observou o 1/3 coronal e o terço apical, e as áreas foram selecionadas pelo operador do microscópio aleatoriamente com pouca magnificação; - Depois observou-se SL com 1000x magnificação e recorreram a 1 observador - Escala de pontuação com 5 nveis.	- Durante o processo de partir as amostras, há 1 exclusão porque se estragou; - Nenhuma técnica remove totalmente SL; - Menos de 30% das amostras tinham score ½: PUI (37,5)- EDDY (35)-EA (25)-MI (17)-Controlo (15); - Há diferença significativa entre grupos - Há diferença significativa no mesmo grupo no EDDY (melhor limpeza coronal) e MI; PUI sem mt diferença entre apical e coronal - Todas removem SL do que IM por isso são mais eficazes e rejeita-se H0.	

Tabela 2 -Descrição dos estudos de Urban *et al.*, 2017 e Haupt *et al.*, 2019

Nome Artigo	Autor	Objetivo	Crítérios Inclusão e Exclusão	Preparação de Amostras	Grupos experimentais	Método de análise e Avaliação	Resultados	Conclusões importantes
Evaluation of smear layer and debris removal by stepwise intraoperative activation (SIA) of sodium hypochlorite	Plotino e Colangeli, 2020	Avaliar a eficácia da ativação intraoperatória de irrigantes durante e após a instrumentação comparado com ativação apenas no final da instrumentação, usando várias técnicas de ativação do irrigante	<ul style="list-style-type: none"> - 70 dentes monoradiculares extraídos por perio - 2 RX MD e VL para identificar o ápice e curvatura; C. Inclusão: <ul style="list-style-type: none"> - Dentes permanentes; - Curvaturas menores que 10° e um canal arredondado. C. Exclusão: <ul style="list-style-type: none"> - Dentes com fissuras e fraturas; - Dentes com diâmetro apical maior que 15 foram excluídos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cúspides foram achatadas para termos um CT igual 20-1= 19; - Encontrou-se o canal com k8, 10 e 15; - Dentes em silicone putty e Teflon no ápice para simular tecidos perio e ambiente fechado; - Dentes divididos aleatoriamente em grupos; <p>Grupo controlo 10 Grupo 1 e 2 com 30 cada</p>	<p>Controlo- irrigação com seringa e instrumentado com R25 E 40 3 mov. recíprocos e irrigação com 2ml NaOCl 5% 20 seg; depois irrigação final com 4ml NaOCl 5% 80 seg + EDTA17% 2 min + 5 ml água destilada 5ml 2min.</p> <p>Grupo1 (ativação pós instrumentação): -1A-PUI- instrumentado e irrigado conforme controlo. Apos R25 e 40, usar IrriS 25/25 a 30KHz, 3 ciclos com 1 ml NaOCl 5%, durante 20 segundos (ativação) para CT-1. Pós ativação 1 ml NaOCl para limpar 20 seg s/ativação (total 4ml e 80 seg NaOCl) + 2 min 5ml edta + 2 min 5 ml água destilada; -1B-EA: igual procedimento, mas usa EA 25.04 ponta tamanho médio; 1C- EDDY: igual procedimento, mas com EDDY air scaler power1.</p> <p>Grupo 2 (ativação mm tempo instrumentação) 2A– PUI- IrriS ativa com NaOCl 5% 20 seg sempre que se retira a lima + procedimento igual a 1A; 2B-EA- EA 25.04 com ponta média ativa com NaOCl 5% 20 seg sempre que se retira a lima + procedimento igual a a 1B; 2C- EDDY: Eddy com air scaler power 1 ativa com NaOCl 5% 20 seg sempre que se retira a lima + procedimento igual a 1C.</p> <p>Todos os grupos têm 12 ml NaOCl 5% e 160 seg + 2min edta 5ml + 2 min 5ml água destilada</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Raízes cortadas longitudinalmente (M e D); - Observaram-se o 1/3 apical, médio e coronal com magnificação 1000x e selecionou-se de cada parte a área com mais SL; - Sistema de pontuação de 1 a 4; <p>Análise estatística teste shapiro wilk para ver normalidade; kruskal wallis para comparação intergrupos; Friedman para comparação intragrupos; Mannwhitney com bonferoni para avaliar os não normalmente distribuídos; Cohen para avaliar a concordância inter e intra grupo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tanto ativação pós instrumentação como SAI apresentam melhores resultados do que controlo (seringa); - 1/3 apical: 2a melhor que 1a p/ remover SL; 2b melhor que 1b p/ remover SL; 2c melhor que 1c; -1/3 medio: só há diferença significativa entre 1c e 2c- melhor 2c do que todos os outros -1/3 coronal. Todos os do grupo 2 são significativamente melhores p/ remover SL; - Apesar das técnicas: 1/3 coronal todos os grupos têm semelhante remoção de SL; 1/3 medio 2c melhor que 2b ; 1/3 apical- Eddy e PUI melhor que EA exceto quando comparamos 1a e 1b com 2b; - Diferenças nos 1/3's: menos limpo apical do que médio e coronal em todas as amostras; - Independente da técnica a SAI é sempre mais eficaz p remover SL do 1/3 apical; - Todas as técnicas são mais eficazes para remover SL do que controlo; -Não há diferença significativa entre PUI e Eddy; - PUI e Eddy melhores do que EA no 1/3 apical. 	

Tabela 3 - Descrição do estudo de Plotino e Colangeli, 2020

Nome Artigo	Autor	Objetivo	Crítérios Inclusão e Exclusão	Preparação de Amostras	Grupos experimentais	Método de análise e Avaliação	Resultados	Conclusões importantes
Ex-vivo Smear Layer Removal Efficacy of Two Activated Irrigation Techniques After Reciprocating Instrumentation in Curved Canals	(Costa <i>et al.</i> , 2017)	Comparar a eficácia de 2 técnicas de irrigação na remoção de SL depois de instrumentação o recíprocante de canais curvos; H0- não há diferença entre as 3 técnicas de irrigação para a remoção da SL.	- 60 molares excluídos por perío mas consideraram-se 54 - Cada grupo com 18 dentes C. Inclusão: - Dentes com curvaturas entre 20-40°.	-Descoronaram-se os dentes para comprimento Standard de 10 mm; - CT=10-1=9; - Rx VL e MD; -Tapou-se os ápices com cera para simular sistema fechado e tec. Perío; - Instrumentação com waveone primary com movimento recíprocante segundo instruções do fabricante e por 1 único operador; - Antes de instrumentar e após instrumentar cada 1/3 irrigou-se com NaOCl 2.5%, 3 ml com agulha calibre 30 e seringa de 5ml; - Confirmou-se permeabilidade apical c/ k10.	S.Ativação(controlo): irrigação não ativada com 3ml EDTA17% 1min + 6ml NaOCl 2.5% (60seg?) PUI: 3ml EDTA17% + 6ml NaOCl 2.5% (3 ciclos de 20 seg com 2 ml cada) com ponta IRRISafe tamanho 25.01 a CT-2; EA: 3ml EDTA17% + 6ml NaOCl 2.5% (3 ciclos de 20 seg com 2 ml cada) com ponta EA tamanho médio 25.04 a 10000pcm, CT-2; Após irrigação todos canais foram secos com ponta capillary e cones papel.	- Corte longitudinal VL e marcou-se com grafite nas amostras os terços coronal (8mm do ápice), médio (5mm) e apical (2mm) com magnificação 14x; - Usou-se 1000x magnificação para obter as imagens e tivemos um total 162 imagens; - Sistema de pontuação 0-4, usou 3 observadores e para cada imagem usou-se a mediana de resultados dos 2 observadores; - Análise estatística Kendall's- concordância inter observador; kruskal wallis- resultados Ñ paramétricos;Mann whitney: medir os resultados de SL.	- Sem diferenças significativas no 1/3 apical; EA ligeiramente melhor, mas sem significado; - EA melhor que PUI na limpeza no 1/3 coronal e médio- canais curvos e EA com mais flexibilidade; - Melhor remoção SL coronal e médio do que apical; - Rejeita-se H0- ambas são melhores que a irrigação sem ativação para os terços coronal e médio em que EA e PUI melhor que s/ ativação, mas EA melhor que PUI; no 1/3 apical as 3 apresentam semelhantes capacidades de limpeza.	

Tabela 4 - Descrição do estudo de Costa *et al.*, 2017