

Sandra Cristina Poleri Machado

Efeitos provocados pelos irrigantes endodônticos na estrutura do canal  
radicular

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2015



Sandra Cristina Poleri Machado

Efeitos provocados pelos irrigantes endodônticos na estrutura do canal  
radicular

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2015

Sandra Cristina Poleri Machado

Efeitos provocados pelos irrigantes endodônticos na estrutura do canal  
radicular

Trabalho apresentado à Universidade  
Fernando Pessoa como parte dos requisitos  
para obtenção do grau de Mestre em  
Medicina Dentária.

---

## SUMÁRIO

A Endodontia está focada no estudo das lesões da polpa dentária e da região periapical, bem como na sua prevenção e tratamento. O tratamento endodôntico (TE) baseia-se na desinfecção e na erradicação dos microorganismos do sistema de canais radiculares (SCR) através de processos de instrumentação e irrigação. O principal intento da instrumentação é o desbridamento mecânico do sistema de canais radiculares e a criação de um espaço adequado para que as substâncias antimicrobianas, denominadas irrigantes, consigam penetrar nessa rede de canais. São diversas as soluções irrigantes utilizadas em endodontia e todas elas têm sido objeto de estudo para diferentes autores, no sentido de se conseguir entender duma melhor forma as suas propriedades, os seus mecanismos de ação, as vantagens e desvantagens das suas combinações, entre outros aspetos, durante o preparo químico-mecânico. O objetivo desta revisão bibliográfica foi a pesquisa sobre os efeitos provocados pelos irrigantes endodônticos na estrutura do canal radicular. Para tal, realizou-se uma pesquisa bibliográfica baseada principalmente nos principais irrigantes endodônticos, nomeadamente o hipoclorito de sódio (NaOCl), a clorhexidina (CHX), o ácido etilenoamino tetra-acético (EDTA) e o ácido cítrico, bem como a associação entre os mesmos, os seus efeitos provocados na dentina e as consequências da utilização dos mesmos na adesão de materiais à dentina durante a obturação. Após a pesquisa efetuada, concluiu-se que o NaOCl, o EDTA e o ácido cítrico provocam desmineralização dentinária, alterando a microdureza da dentina e tornando o dente mais frágil. No entanto, essa diminuição na dureza também ajuda na instrumentação e no alargamento do canal. O EDTA e o ácido cítrico, devido à capacidade de remoção da *smear layer* que lhes é conferida, provocam um aumento da rugosidade na superfície. E a clorhexidina, apesar de não provocar qualquer desmineralização, ao ser conjugada com o NaOCl, origina um precipitado que vai interferir no selamento dos canais radiculares.

**Palavras-chave:** hipoclorito de sódio, EDTA, ácido cítrico, clorhexidina, soluções irrigantes, endodontia, canal radicular, adesão, microdureza dentinária, sistemas de ativação de irrigantes, QMix, tetraclean, hypoclean, MTAD.

## ABSTRACT

Endodontics is based on the study of apical periodontitis and on the periapical region, as well as in their prevention and treatment. The nonsurgical endodontic therapy is based on the disinfection of the root canal system and in the eradication of microorganisms through instrumentation and irrigation processes. The main purpose of instrumentation is the mechanical debridement of the root canal system and the creating of a suitable space for antimicrobial agents, called irrigants, to penetrate this canals network. There are several irrigation solutions used in endodontics and all of them have been studied by diferente authors, in order to achieve a better understanding of their mechanisms of action, the advantages and disadvantages of their combinations, among others, during the chemical-mechanical preparation. The purpose of the literature review was the research of the effects caused by endodontic irrigants on root canal structure. So, it was made a literature research based mostly on the main endodontic irrigants, such as sodium hypochlorite (NaOCl), chlorhexidine (CHX), etilenoamino tetraacetic acid (EDTA) and citric acid, as well as the association between them, the effects caused on dentin and the consequences of using them in the materials adhesion to the dentin during filling. After the review, it was concluded that NaOCl, EDTA and citric acid causes dentin demineralization, changing the dentin microhardness, making the tooth more fragile. However, this reduction in dentin hardness also helps the instrumentation and the enlargement of the canal. Both EDTA and citric acid, due to the removal of the smear layer, increased the surface roughness. The chlorhexidine, despite not causing any demineralization, when combined with NaOCl, creates a precipitate which will interfere with the sealing of the root canal.

**Key-words:** sodium hypochlorite, EDTA, chlorhexidine, citric acid, irrigant solutions, endodontic, root canal, adhesion, dentin microhardness, irrigation activation systems, QMix, tetraclean, hypoclean, MTAD.

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais. Por tudo. E mais o resto.

À minha irmã, que aos poucos me vai abrindo horizontes.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Doutor Duarte Nuno Antunes Guimarães, por toda a compreensão, e sobretudo paciência, no desenvolvimento deste projeto. Pela ajuda, pelos incentivos e pela amizade demonstrada ao longo de todo o curso.

A todos os Professores que ao longo deste percurso contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Aos meus novos amigos, pelos bons momentos proporcionados ao longo deste percurso académico.

E aos velhos amigos, por tudo o resto que se torna impossível resumir numa frase apenas.

*Why do we have a brain in the first place? Not to write books, articles, or plays; not to do science or play music. Brains develop because they are an expedient way of managing life in a body.*

António Damásio

## ÍNDICE

ABREVIATURAS E SIGLAS .....	XI
I – INTRODUÇÃO .....	1
II – DESENVOLVIMENTO .....	5
1 – Materiais e métodos .....	7
2 – Dentina.....	8
3 – Instrumentação mecânica.....	9
4 – Smear Layer .....	10
5 – Irrigantes endodônticos.....	11
5.1 – Hipoclorito de Sódio .....	13
5.1.1 – Fatores que influenciam a eficácia do NaOCl.....	14
5.2 – Clorhexidina.....	16
5.3 – EDTA .....	19
5.4 – Ácido cítrico.....	20
5.5 – Hypoclean® .....	21
5.6 – QMix® .....	24
5.7 – MTAD .....	24
5.8 – Tetraclean® .....	25
6 – Comparações e associações entre os irrigantes endodônticos .....	26
7 – Sistemas de irrigação e de ativação de irrigantes.....	30
7.1 – Irrigação manual com seringa e agulha.....	30
7.2 – Irrigação ultrassônica passiva.....	31
7.3 – EndoActivator® .....	33
7.4 – EndoVac® .....	33
7.5 – Self-Adjusting File® .....	35
8 – Microdureza dentinária .....	36

9 – Alterações dentinárias provocadas pelos irrigantes endodônticos.....	37
10 – Influência dos irrigantes na qualidade da obturação.....	43
III – CONCLUSÃO.....	48
BIBLIOGRAFIA .....	51

## ABREVIATURAS E SIGLAS

+ - Adição

% – Percentagem

°C – Graus Celsius

Ca – Cálcio

Ca<sup>2+</sup> – Ião cálcio

CHX – Clorhexidina

CT – Comprimento de trabalho

EDTA – Ácido etilenoamino tetra-acético

h – Horas

IM – Irrigação manual

IUP – Irrigação ultrassónica passiva

m<sup>2</sup> – Metro quadrado

MDT – *Master Delivery Tip*

mm - Milímetros

MJ – Megajoule

ml – Mililitros

NaOCl – Hipoclorito de Sódio

P – Fósforo

pH – Potencial de hidrogénio

SAF – *Self-Adjusting File*

SCR – sistema de canais radiculares

TE – Tratamento endodôntico

## I – INTRODUÇÃO

A endodontia está focada no estudo da forma, da função e da saúde de lesões e doenças da polpa dentária e região periapical, conjuntamente com a sua prevenção e tratamento.

A infecção endodôntica pode ser classificada de acordo com a sua localização anatômica (intrarradicular ou perirradicular). As infecções intrarradiculares podem ser subdivididas em três categorias: infecção primária, secundária ou infecção persistente, dependendo do tempo de participação dos microorganismos quando se instalam no canal radicular. A composição microbiota pode variar dependendo dos diferentes tipos de infecção e nas diferentes formas de periodontite apical. (Estrela *et al.*, 2011)

Hoje em dia não podem restar dúvidas de que os microorganismos que permanecem no canal radicular do dente após tratamento endodôntico (TE) do mesmo, ou os que recolonizam após o SCR estarem obturados, são a causa primordial da falha do TE. (Molander, *et al.* 1998).

Segundo Peters (*cit. in* Görduysus *et al.*, 2015), em média 35% ou valores superiores da área superfície dos canais radiculares permanece intocada após a instrumentação.

Uma vez que as bactérias provocam a periodontite apical, a redução ou eliminação das mesmas parece ser um objetivo lógico para o sucesso do TE.

O preparo químico-mecânico tem por objetivo promover a limpeza e a modelagem do SCR, por meio do emprego de instrumentos endodônticos e de substâncias ou soluções químicas auxiliares. Estes objetivos, embora distintos, são alcançados simultaneamente durante o preparo do canal radicular. (Lopes e Siqueira Jr, 2010)

Segundo Haapasalo *et al.* (2010), o êxito do TE depende, maioritariamente, da ação química das soluções irrigadoras.

Existem alguns requisitos fundamentais de elevada importância numa substância química auxiliar, no entanto nenhuma consegue reunir todas as exigências ao mesmo tempo. Baixa tensão superficial, baixa viscosidade, atividade de dissolução tecidual, atividade antimicrobiana, atividade quelante, atividade lubrificante e suspensão de detritos são alguns desses requisitos. (Lopes e Siqueira Jr, 2010)

No entanto, como consequência da instrumentação dos canais, ocorre a formação de uma camada constituída por elementos orgânicos e inorgânicos, de aproximadamente 1-2 microns, chamada de *Smear Layer*, que se estende ao longo da parede dos canais radiculares obstruindo a entrada dos túbulos dentinários. Esta camada, em conjunto com os resíduos remanescentes no canal devido ao preparo biomecânico, torna-se uma barreira que dificulta o acesso dos irrigantes endodônticos aos túbulos dentinários. (Saber e Hashem, 2011)

Desta forma, são necessárias outras substâncias que eliminem a *Smear Layer* para que a infiltração dos irrigantes endodônticos seja mais eficaz, substâncias essas que se tratam dos agentes quelantes, como é o exemplo do ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) e do ácido cítrico. (Tucel *et al.*, 2015)

Estes agentes desmineralizantes, o EDTA (Nygaard Östby, 1957) e o ácido cítrico (Loel, 1975) têm sido recomendados como agentes adjuvantes no tratamento do SCR.

Wayman *et al.* (1979) e Aktner (1993) mostraram que o ácido cítrico e o EDTA demonstraram ser soluções descalcificantes adequadas para remover a *Smear Layer*.

O hipoclorito de sódio (NaOCl) evidencia-se adequadamente como um irrigante eficaz, pois coleta mais requisitos do que qualquer outro composto conhecido. Tem a habilidade de dissolver os componentes orgânicos da *Smear Layer* e os tecidos necróticos, devastando microorganismos que se organizam em biofilmes e se alojam nos túbulos dentinários. (Zehnder, 2006)

Fatores como o aumento da concentração, aumento da temperatura e a agitação da solução de NaOCl, podem influenciar a sua ação como irrigante. No entanto está descrito que quanto mais elevada for a concentração da solução de NaOCl, maior a sua citotoxicidade. (Chang *et al.*, 2001).

O gluconato de clorhexidina, também citado como digluconato de clorhexidina e mais comumente conhecido apenas por clorhexidina (CHX), é um composto aromático, solúvel em água que, em pH fisiológico, dissocia-se libertando moléculas de carga positiva. É um agente bacteriano de largo espectro, atuando contra um grande número de espécies Gram-positivas e Gram-negativas. Devido às suas características e propriedades, a CHX é também recomendada como um irrigante endodôntico (Lee *et al.*, 1990), onde a concentração de 2% é a concentração utilizada para esse efeito. (Zamani *et al.*, 2003).

Diferenças consideráveis na dureza da dentina após o tratamento com NaOCl indicam um potente efeito direto deste agente químico nas partes minerais e orgânicas da estrutura da dentina. Além disso, a concentração volumétrica da dentina tratada com o NaOCl, bem como as alterações na cristalinidade da apatite, são fatores considerados cruciais na dureza intrínseca da estrutura da dentina. (Pascon *et al.*, 2009)

A adesão dos materiais restauradores à dentina evita que haja infiltração de microorganismos no interior do canal radicular, no entanto, quando ocorre desmineralização da superfície da dentina, este processo pode ser afetado. (Tuncer, 2015)

Esta revisão bibliográfica foi realizada com o desígnio de se analisarem informações sobre alguns dos irrigantes mais utilizados na prática clínica durante o TE, sobretudo o NaOCl, EDTA, CHX, ácido cítrico, MTAD, QMix<sup>®</sup>, Hypoclean<sup>®</sup> e Tetraclean<sup>®</sup> e as suas associações, bem como diferentes técnicas de irrigação e ativação dos mesmos, os seus efeitos provocados no canal radicular e as influências provocadas pelos mesmos na adesão de materiais à dentina na obturação do canal.

## II – DESENVOLVIMENTO

De acordo com Lasala (1992), a água destilada era o irrigante endodôntico usualmente utilizado nos tratamentos endodônticos antes de 1940, bem como o ácido clorídrico e o ácido sulfúrico a 30% e 50%, na ignorância e desconhecimento dos perigos que estes agentes possuíam para os tecidos do periodonto.

O TE engloba procedimentos concebidos para manter a saúde da totalidade ou de parte da polpa dentária. Quando a polpa dentária está doente ou lesionada, o tratamento visa preservar os tecidos periapicais. Quando se observa estar presente uma periodontite apical, isto é, onde os tecidos periapicais já se encontram atingidos pela doença, o tratamento destina-se a restaurar a saúde dos mesmos. Este objetivo é geralmente obtido pelo tratamento do canal radicular, ou seja, o TE e, ocasionalmente, combinado com endodontia cirúrgica. (European Society of Endodontology, 2006)

Um resultado favorável do TE é definido pela redução da lesão radiográfica e pela ausência de sintomas clínicos no dente anteriormente afetado, após um período mínimo de observação de 1 ano. (Ørstavik, 1996)

No entanto, o sucesso endodôntico depende de vários fatores. (Ørstavik, 2004)

É importante salientar que o êxito da terapia endodôntica não depende apenas da realização de um tratamento fundamentado numa estratégia antimicrobiana, mas também na prevenção da reinfeção do SCR. (Sjögren *et al.*, 1991).

Constatando este papel dos microorganismos na indução e na permanência das lesões pulpares e periapicais, torna-se clara a necessidade de se prevenir e se controlar a infecção endodôntica, frisando o reparo das estruturas periodontais e a recuperação da função dentária normal.

No entanto, devido à presença de uma anatomia canalar de tamanha complexidade, onde se incluem ramificações, canais lateais e deltas apicais, uma desinfecção completa torna-se impossível se a instrumentação dos canais for realizada isoladamente. (Tuncer *et al.*, 2012)

Até mesmo uma polpa estéril, ou seja, livre de microorganismos, pode possivelmente tornar-se uma fonte de nutrientes a outros microorganismos se não for corretamente removida. (Love, 2001)

## **1 – Materiais e métodos**

Este trabalho tem como objetivo a elaboração de uma revisão bibliográfica sobre os efeitos provocados pelos irrigantes endodônticos na estrutura do canal radicular, no qual serão abordados tópicos como: propriedades dos irrigantes, fatores que influenciam a ação dos mesmos, comparação e associação entre os irrigantes, os efeitos provocados pelos mesmos na estrutura dentinária e as suas influências na adesão necessária à obturação.

Para tal foi realizada uma pesquisa bibliográfica nos principais motores de busca: Pubmed, B-On, SciELO e Science Direct, utilizando as palavras-chave “sodium hypochlorite”, “EDTA”, “chlorhexidine”, “citric acid”, “irrigant solutions”, “endodontic”, “root canal”, “adhesion“ e “dentin microhardness”, “hypoclean”, “MTAD”, “QMix”, “Tetraclean”, que foram associadas de diversas formas. Foram selecionados 236 artigos e incluídos 175 artigos em português, espanhol e inglês, publicados entre 1915 e 2015. A pesquisa foi efetuada entre Outubro de 2014 e Setembro de 2015.

Os critérios de exclusão foram artigos pagos, artigos que não abordassem diretamente o tema em estudo e artigos noutros idiomas.

A pesquisa foi também realizada na biblioteca da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa em livros específicos da área de Endodontia.

## 2 – Dentina

O dente humano é compreendido na sua maior parte por dentina, sendo esta um tecido duro constituído aproximadamente por 70% de minerais, 20% de matéria orgânica e 10% de água. A componente inorgânica da dentina é composta predominantemente por hidroxiapatite. O colagénio representa 91% da fase orgânica da estrutura dentinária, servindo como matriz para deposição dos cristais de apatite e exercendo também uma papel relevante na adesão dos materiais resinosos e, conseqüentemente, na resistência do dente. (Haapasalo *et al.*, 2010)

Analisando a dentina a uma escala microscópica, pode observar-se que esta é atravessada por túbulos. Estes são denominados de túbulos dentinários. Estes túbulos dentinários são canais abertos, com aproximadamente 1 a 2 microns de diâmetro, que se estendem radialmente a partir da polpa, por toda a extensão da dentina, em direção à junção amelodentinária. (Nanci, 2008)

Os túbulos dentinários apresentam uma conformação em cone invertido, onde os diâmetros mais pequenos estão situados na periferia, junto ao esmalte e ao cimento. O diâmetro mais pequeno dos túbulos é inteiramente compatível com o diâmetro da maioria das espécies bacterianas orais. Desta forma pode-se supor que, uma vez exposta, a dentina oferece, através dos túbulos, uma via de acesso desimpedido para a polpa do dente. No entanto, não é isso que se sucede. A invasão bacteriana dos túbulos dentinários ocorre mais rapidamente em dentes não vitais do que em dentes ainda vitais. Nos dentes vitais, o movimento dos fluídos dentinários e os conteúdos tubulares influenciam a permeabilidade da dentina e conseguem adiar a invasão intratubular realizada pelas bactérias. Por outro lado, em dentes não vitais, quando a polpa já se encontra necrosada, os túbulos dentinários expostos podem tornar-se autênticas avenidas para que as bactérias atinjam a polpa e a colonizem. (Cohen e Hargreaves, 2007)

As propriedades desta estrutura podem ser divididas em físicas e químicas. No que diz respeito às suas propriedades físicas, Berkovitz *et al.* (2004) descreveram que esta possui uma coloração amarelo-clara, que as suas capacidades de tensão e compressão são maiores comparativamente ao esmalte e que a sua matriz orgânica e arquitetura tubular conferem-lhe resistência à flexão. A dentina é permeável e esta permeabilidade é subordinada pelo tamanho e pela frequência dos túbulos, sendo que diminui com o aumento da idade.

Carrigan *et al.* (1984) mostraram que a densidade tubular diminuía da dentina cervical para a dentina apical.

Pashley *et al.* (1985) relataram uma correlação inversa entre a microdureza da dentina e a densidade tubular. Nesse caso, a composição e morfologia da dentina mais profunda é diferente da dentina superficial. Por exemplo, a dureza da dentina profunda é menor do que a da dentina superficial (Saito, 1991), a densidade e o diâmetro dos túbulos dentinários da dentina profunda são maiores em comparação com dentina superficial, e a calcificação da dentina profunda não é tão madura quanto a calcificação da dentina superficial (Wagnild, 1998).

### **3 – Instrumentação mecânica**

O principal intento da instrumentação é o desbridamento mecânico do SCR e a criação de um espaço adequado para que as substâncias antimicrobianas, denominadas irrigantes, consigam penetrar nessa rede de canais. (Zehnder, 2006)

As zonas instrumentadas tornam a irrigação mais simplificada, uma vez que as agulhas de irrigação, contendo os irrigantes, têm uma colocação facilitada ao serem introduzidas no canal, seguindo o caminho aberto anteriormente pelos instrumentos. (Haapasalo *et al.*, 2010).

Além disso, um SCR bem trabalhado, com uma forma adequada, facilita a obturação do canal, de maneira a se evitar a recolonização por microbiota oral. (Schilder, 1974).

Contudo, a instrumentação mecânica, não foge de complicações associadas. Existe o risco de separação de instrumentos, como fraturas de limas, bem como os embaraços técnicos, tais como perfurações radiculares, incapacidade de atingir mecanicamente a porção apical do canal radicular, entre outros, o que vão levar a um impacto negativo e significativo no resultado do tratamento (Yousuf *et al.*, 2015).

#### **4 – Smear Layer**

De acordo com Dogan (2001) e Yassen (2015), uma superfície de dentina tratada com NaOCl e EDTA, após a instrumentação do canal, mostrou uma fase inorgânica significativamente maior e uma fase orgânica claramente inferior, em comparação com uma superfície de dentina não tratada.

Segundo Eick (1999), isto pode ser explicado pelo facto de uma dentina não tratada quimicamente, após ser trabalhada mecanicamente pelos instrumentos rotatórios, estar na presença duma camada chamada *Smear Layer*, que é rica em componentes orgânicos.

Este conjunto de resíduos pode ser penetrado por bactérias e pode oferecer proteção a biofilmes que se adiram às paredes do canal radicular. (Wang *et al.*, 2012)

Atualmente é considerado importante promover técnicas e produtos que possam eliminar esta camada ou impedir a sua formação. Daí ser necessário um conhecimento adequado sobre os irrigantes endodônticos que se encontram disponíveis ao Médicos Dentista, de maneira a que o mesmo esteja ciente das suas propriedades, mecanismos de ação e efeitos sobre os microorganismos e sobre a estrutura dentinária.

## 5 – Irrigantes endodônticos

Diversas são as vantagens dos irrigantes endodônticos para além da eliminação de microorganismos, como a desinfecção de áreas inatingíveis à instrumentação mecânica, dissolução de tecidos e inativação de produtos microbianos. (Trope *et al.*, 2002).

As técnicas de limpeza e desinfecção, nomeadamente a irrigação, podem ser realizadas manualmente, através de uma agulha adaptada a uma seringa, ou então podem ser efetuadas mecanicamente, onde são utilizados instrumentos ultrassónicos bem como sistemas de pressão negativa. Em ambos os sistemas, manual ou mecânico, o objetivo é a entrada da solução irrigante no sistema de canais, em toda a sua extensão, e especialmente no terço apical. (Stuart *et al.*, 2006)

A instrumentação endodôntica, como já foi referido anteriormente, utilizando técnicas manuais ou mecanizadas, faz com que se forme uma *Smear Layer*, bem como rolhões de partículas inorgânicas de tecido calcificado juntamente com elementos orgânicos como restos de tecido de pulpar, processos odontoblásticos, microorganismos e células sanguíneas. (Sen, 1995)

A irrigação tradicional (irrigação por pressão positiva) reside no uso de seringas de plástico que contêm a solução irrigante com a acoplação de agulhas com saída lateral. (Haapasalo *et al.*, 2010)

Segundo a *European Society of Endodontology* (2006), os objetivos da irrigação são: eliminar microorganismos, expulsar os detritos, lubrificar os instrumentos endodônticos e dissolver detritos orgânicos. Quanto às soluções irrigantes, os mesmos declaram que devem ter preferencialmente características desinfetantes e propriedades que lhes permita dissolver detritos orgânicos sem causar irritação nos tecidos periapicais.

A solução irrigante deve ser colocada no canal em quantidades abundantes, até à maior distância, em profundidade, que seja possível, sem arriscar que a mesma se extrua para além do foramen apical. Esta ação pode ser realizada com uma seringa de irrigação, assegurando-se que é permitido que a solução saia livremente do canal para a câmara pulpar e que não é injetada para o canal com força excessiva.

De acordo com Zehnder (*cit. in Kandaswamy et al., 2010*), um irrigante ideal necessita ter presente alguns requisitos, sendo eles:

- Possuir um amplo espectro antimicrobiano;
- Alta eficácia contra micro-organismos anaeróbios e facultativos, organizados em biofilmes;
- Capacidade para dissolver restos de tecido de necrose pulpar;
- Capacidade de inativar endotoxinas;
- Capacidade de impedir a formação de *Smear Layer* durante a instrumentação, ou a capacidade de a dissolver se já formada;
- Ser sistemicamente não tóxico quando em contato com os tecidos vitais, sem prejudicar os tecidos periodontais, e possuir um baixo potencial para causar reações anafiláticas.

Para além das características anteriormente referidas, os irrigantes também devem ser de aplicação simples, fácil armazenamento, ter um tempo de vida adequado, custo moderado e uma ação rápida. (Arguello, 2001).

## 5.1 – Hipoclorito de Sódio

O hipoclorito de sódio (NaOCl) tem uma vasta história na Medicina e na Medicina Dentária e continua a ser popular até aos dias de hoje.

Durante a Primeira Guerra Mundial, a solução tamponada de NaOCl a 0,5% foi utilizada para a irrigação de feridas infetadas e definida por Dakin (1915) como uma solução antisséptica potente.

Desde então tem sido o irrigante mais utilizado nos tratamentos endodônticos, nomeadamente na desinfeção do SCR, devido à sua forte atividade antimicrobiana (baseada no seu elevado pH de 11.8) e à sua capacidade de dissolver tecido orgânico vital e necrótico. (del Carpio-Perochena *et al.*, 2011)

Shuping *et al.* (2000) verificaram um decréscimo significativo na quantidade de bactérias quando a irrigação era realizada com NaOCl.

O NaOCl, quando em solução aquosa, dissocia-se em hidróxido de sódio e ácido hipocloroso, levando, conseqüentemente, a uma diminuição do pH. O ácido hipocloroso atua como um solvente quando em contacto com tecidos orgânicos. Durante este processo é libertado cloro, que juntamente com o grupo amina das proteínas vai formar cloramina, conduzindo à degradação dos aminoácidos. Como não se trata de um processo seletivo, estas reações vão interagir não só com as proteínas bacterianas, mas também com a parte orgânica da dentina. (Slutzky-Goldberg *et al.*, 2013)

Em 1999, Saleh *et al.* tinham descrito que a exposição da dentina ao NaOCl podia alterar as suas propriedades físicas.

Foi observado por O'Driscoll *et al.* (2000), que a perda de peso da dentina após imersão em 0,5% e 5% de NaOCl foi maior na imersão em NaOCl de maior concentração. Isto deve-se à perda de colagénio da dentina, que como já foi referido anteriormente, se trata do seu principal componente orgânico.

Apesar da capacidade de dissolução de tecidos e da distinta atividade antimicrobiana, o NaOCl apresenta uma tensão superficial relativamente elevada (48,90 MJ / m<sup>2</sup>). Esta tensão superficial elevada limita a penetração da solução nas irregularidades do canal e em profundidade nos túbulos dentinários, reduzindo a qualidade do desbridamento produzido pelo mesmo. (Stojicic *et al.*, 2010)

### **5.1.1 – Fatores que influenciam a eficácia do NaOCl**

Segundo Zou *et al.* (2010), a penetração do NaOCl na dentina é potencialmente afetada por fatores como a temperatura, a concentração, o volume e o tempo. Estes autores verificaram um aumento de 30% a 50% na penetração do NaOCl quando sua concentração variou de 1% a 6%.

Segundo Boutsoukis *et al.* (2014), da mesma forma que aumenta a concentração do NaOCl, a sua capacidade antimicrobiana e o seu efeito de dissolução de tecidos também aumenta.

Contudo, este aumento da sua concentração pode levar a complicações para os tecidos periapicais quando o irrigante é inconscientemente extruído do canal. (Boutsoukis *et al.*, 2014)

Outros estudos mostram que quanto maior a concentração da solução, maior sua capacidade de penetração e, conseqüentemente, maiores são as alterações mecânicas

provocadas na dentina, como é o exemplo da redução da microdureza da dentina. (Slutzky-Goldberg *et al.*, 2004; Zhender, 2006; Tartari *et al.*, 2013)

Vários autores sugerem o uso de uma concentração de 5,25% de NaOCl, ao contrário de outros que elegem concentrações mais baixas de 3% ou 0,5%, por exemplo. Porém, os valores da concentração deste irrigante em solução continuam a ser controversos, sem que exista uma concentração definida que seja aceite universalmente. (Leonardo, 2005)

O mesmo foi confirmado num estudo realizado por Bolfoni *et al.* (2014). No entanto, no mesmo estudo foi também demonstrado que a adição de surfactantes aperfeiçoa a ação do NaOCl em baixas concentrações na desinfecção do SCR. A combinação de NaOCl com cetrimida e polipropileno aumentou a atividade antimicrobiana do NaOCl a 1% para valores similares ao do NaOCl a 5%, fazendo também com que a solução obtivesse uma concentração mais biocompatível.

De acordo com Kamburis *et al.* (*cit. in* Rahimi *et al.* 2014) as soluções de NaOCl aquecidas removem os detritos orgânicos de dentina mais eficazmente que soluções à temperatura ambiente.

Foi exposto por Sirtes *et al.* (2005) que uma solução de NaOCl a 1%, aquecida a 45 °C, tem a mesma capacidade de dissolução de tecido que uma solução de NaOCl a 5,25%, aquecida a 20 °C. O mesmo foi demonstrado mais tarde por Paragliola *et al.* (2010).

Em relação ao volume da solução, mesmo que o seu valor ideal a ser utilizado na irrigação ainda não tenha sido determinado, Boutsoukis *et al.* (2007) consideram que o volume do irrigante é refletido na eficácia da irrigação.

Relativamente ao valor do seu pH, del Carpio-Perochena *et al.* (2015) verificaram que a acidificação do NaOCl aperfeiçoava a sua capacidade antibacteriana, no então o seu efeito de dissolução pulpar sofria uma relação inversa, ou seja, diminuía.

## 5.2 – Clorhexidina

De acordo com Zehnder (2006), a clorhexidina (CHX) foi desenvolvida nos finais de 1940 nos laboratórios de pesquisa da *Imperial Chemical Industries Ltd.* (Macclesfield, Inglaterra). Primitivamente, uma série de polibisguanidas foi produzida com a finalidade de possuir substâncias antivirais. Contudo, esse objetivo não foi bem-sucedido, pois as mesmas apresentavam uma baixa capacidade antiviral, sendo então colocadas de parte. Anos mais tarde foram redescobertas mas desta vez devido às suas capacidades como agentes antibacterianos. A CHX demonstrou-se ser a mais potente das bisguanidas testadas. (Davies *et al.*, 1954)

A CHX trata-se de um agente antimicrobiano potente, abundantemente utilizado para controlo químico da placa bacteriana, sob a forma de colutórios orais em Medicina Dentária. Soluções de CHX são utilizadas com esse propósito em concentrações de 0,1% a 0,2 %. (Zamani *et al.*, 2003)

Devido às suas características e propriedades, a CHX é também recomendada como um irrigante endodôntico (Lee *et al.*, 1990; Johnson *et al.*, 2009), onde a concentração de 2% é a concentração utilizada para esse efeito. (Zamani *et al.*, 2003).

A CHX é vastamente utilizada na desinfeção devido às suas excelentes capacidades antimicrobianas e à sua substantividade. No entanto, é completamente desprovida de capacidade de dissolução tecidual (Mohammadi *et al.*, 2009). A mesma possui um largo espectro de ação antibacteriana e uma baixa toxicidade. (Johnson *et al.*, 2009)

De acordo com o estudo realizado por Zamani *et al.* (2003), uma irrigação adicional com CHX a 2% resulta numa desinfecção mais aprimorada do sistema radicular.

Além desta substância possuir atividade antimicrobiana de amplo espectro (Cohen *et al.*, 2007), a CHX apresenta a capacidade de se ligar à hidroxiapatite do esmalte ou da dentina, sendo libertada lentamente à medida que a sua concentração no meio diminui, permitindo, desta forma, um período de atuação prolongado. (Lopes *et al.*, 2010).

Esta particularidade tem o nome de substantividade e pode conferir efeitos antimicrobianos à CHX no interior do canal radicular até 12 semanas. (Mohammadi *et al.*, 2009).

Foi descrito por Mahendra *et al.* (2014) que a sua substantividade é diretamente proporcional à sua concentração, sendo que a CHX a 2% apresentou maior atividade antimicrobiana após 72 horas, quando comparada em concentrações de 1% e 0,1%, num estudo realizado pelos mesmos autores.

A utilização da solução de CHX também pode ser favorável na medida em que, complementarmente aos diversos efeitos antimicrobianos descritos, provoca efeitos mínimos nas propriedades mecânicas da dentina. (Ari *et al.*, 2004).

Num estudo de laboratório realizado por Onçağ *et al.* (2003), verificou-se que uma solução de CHX a 2%, durante 5 minutos, foi significativamente mais eficaz em termos antibacterianos que uma solução de NaOCl a 5,25%. Da mesma forma, num estudo *in vivo*, a mesma solução de CHX (2%) demonstrou-se significativamente mais eficaz em bactérias anaeróbicas que o NaOCl a 5,25% ao fim de 48 horas.

Contudo, como já foi referido, este irrigante não possui a capacidade de dissolver substâncias orgânicas e tecido necrosado presente no SCR, bem como também não

usufrui da propriedade de eliminação da *Smear Layer*. No entanto, a sua baixa citotoxicidade para os tecidos periapicais e a ausência de mau cheiro e sabor desagradável podem ser consideradas vantagens quando em comparação com o NaOCl. (Estrela *et al.*, 2008; Shabahang *et al.*, 2008)

A CHX pode ser a substância química de eleição quando se tem o conhecimento de alergia ao hipoclorito de sódio por parte do paciente, e, potencialmente, no tratamento de dentes com polpa necrosada associada à rizogénese incompleta, onde existe um elevado risco de extravasamento apical da solução química, o que pode desencadear o desenvolvimento de reações austeras nos tecidos periapicais. (Valera *et al.*, 2015).

Basson e Tait (2001) compararam a eficácia de uma solução de CHX a 2% com outras soluções como o hidróxido de cálcio e o iodeto de potássio, na desinfeção do SCR infetados com a bactéria *Actinomyces israelii*. De acordo com os resultados obtidos pelos autores, apenas a CHX foi capaz de eliminar a *Actinomyces israelii*.

Dois outros estudos realizados por Gomes *et al.* (2001) e Vianna *et al.* (2004) estudaram a atividade antimicrobiana da CHX, em gel e no estado líquido, relativamente a patogéneos endodônticos. Quando analisados os resultados obtidos nesses estudos, verificou-se que tanto a solução em gel como a solução líquida de CHX eliminaram o *Staphylococcus aureus* e a *Candida albicans* no espaço de 15 segundos. A solução em gel foi eficiente na erradicação da *Enterococcus faecalis* ao fim de 1 minuto.

Ferraz *et al.* (2001) avaliaram a ação antimicrobiana e a habilidade mecânica da CHX em gel como irrigante endodôntico. Os resultados apontaram que a CHX em gel originou uma superfície limpa do canal radicular e apresentou uma capacidade antimicrobiana comparável com as outras soluções testadas, mostrando potencial para ser utilizada como irrigante endodôntico.

No entanto, a coloração dos tecidos, escurecimento dos dentes, das bochechas e da língua é uma consequência associada à aplicação intra-oral da CHX. (Lorenz *et al.*, 2015)

### 5.3 – EDTA

A dentina, sendo um complexo molecular formado por iões e cálcio, torna-se uma sobre superfície para serem aplicados os agentes quelantes. (Leonardo *et al.*, 1994)

Estes agentes quelantes atuam sobre os tecidos calcificados e afetam o tecido periapical, substituindo os iões de cálcio da dentina por iões de sódio. Com isto são formados sais mais solúveis, o que facilita o alargamento do canal, uma vez que amolecem as paredes do canal. (Weine, 1997)

A hidroxiapatite, como se sabe, é o componente maioritário da composição dentinária (Pashley, 1989; Marshall Jr, 1993) e o EDTA, sendo um destes agentes quelantes, é particularmente eficaz na remoção do cálcio e fósforo presente nos na hidroxiapatite. (Hennequin *et al.*, 1994)

O EDTA foi apresentado por Nygaard-Ostby, em 1957, e trata-se de uma substância fluida com um pH neutro de 7,3. É utilizada numa concentração de 10% a 17% e tem um elevado efeito antifúngico (Weine *cit. in* Arguello, 2001). No entanto, a sua capacidade antisséptica é relativamente limitada. (Patterson, 1963)

Segundo Hülsmann (*cit. in* Arguello, 2001), o EDTA produz uma reação inflamatória ligeira em contacto com os tecidos moles. Quando em contacto com o tecido ósseo, reage de forma semelhante à que reage com a dentina.

O EDTA é o quelante mais utilizado em canais atresiadados, isto porque a sua ação desmineralizante atua nas paredes dos canais, diminuindo a sua resistência à ação dos instrumentos endodônticos, o que conduz a uma preparação do canal e a uma instrumentação mais facilitada. (Soares e Goldberg, 2002)

Foi também observado noutros estudos, que uma remoção completa da *Smear Layer* pelo EDTA leva ao aumento da rugosidade do canal, fazendo com que a abertura dos túbulos dentinários seja maior. (Calt *et al.*, 2002; Teixeira *et al.*, 2005)

Apesar de existirem estudos anteriores que sugerem que um agente desmineralizante deve permanecer no canal pelo menos durante 15 minutos, para otimizar o seu efeito (Goldberg *et al.*, 1982), segundo Spangberg (1998) o EDTA consegue remover a *Smear Layer* em apenas 1 minuto, se a solução for capaz de alcançar a superfície do canal radicular.

Os seus efeitos sobre a microdureza dentinária, contudo, também foram explorados. (Cruz-Filho *et al.*, 2001). E mesmo sendo desejada tamanha desmineralização em termos de remoção da *Smear Layer*, as alterações da estrutura química da dentina provocadas durante o processo, podem prejudicar a adesão de cimentos com conteúdo resinoso. (Perdigão *et al.*, 2001)

#### **5.4 – Ácido cítrico**

Outro agente quelante que é utilizado no canal para a remoção da *Smear Layer* é o ácido cítrico. Segundo Meryon (*cit. in* Arslan *et al.* 2014), este ácido remove melhor esta camada do que muitos outros ácidos, tais como o ácido poliacrílico, o ácido láctico e o ácido fosfórico

Salama *et al.*, em 1994, explicitou que em Dentística, o ácido cítrico era proposto como um ácido suave útil para o condicionamento de tecidos dentários duros, particularmente

para o condicionamento da dentina, remoção da *Smear Layer* e de rolhões, no caso de presença dos mesmos.

A ação quelante de uma solução de ácido cítrico tem um efeito desmineralizante sobre os componentes calcificados da dentina, e como resultado desta desmineralização, o cálcio é perdido. (Hennequin *et al.*, 1994)

Segundo Zehnder *et al.* (2005), apesar do ácido cítrico aparentar ser ligeiramente mais potente que o EDTA, à mesma concentração, ambos os agentes mostram uma elevada eficiência na remoção da *Smear Layer*.

Ando (*cit. in* Eldeniz, 2005), já descreve esta solução não tão eficaz como o EDTA na remoção da *Smear Layer*, mas refere que se demonstra ser menos citotóxica para o tecido.

Um estudo recente realizado por Arslan *et al.* (2014) mostrou que o ácido cítrico, comparado com o EDTA, apresentou um efeito menor na alteração da microdureza da dentina e demonstrou também que o mesmo não alterou a resistência à fratura de dentes endodonciados, o que pode ser uma propriedade benéfica do ácido cítrico em relação ao EDTA.

## **5.5 – Hypoclean®**

Sabe-se que tanto as técnicas de instrumentação manuais como as mecanizadas deixam zonas dos canais radiculares intocadas pelos instrumentos, ou seja, com a superfície das paredes intracanalares inalteradas. Então, é de extrema importância que se utilizem soluções irrigantes que apresentem uma ação antimicrobiana satisfatória durante toda a preparação biomecânica. (Haapasalo *et al.*, 2014)

Como já foi referido anteriormente, as características químicas do NaOCl fizeram desta substância o irrigante mais usado e estudado mundialmente. Apesar da sua capacidade de dissolução pulpar e a sua atividade antimicrobiana, o NaOCl apresenta uma elevada tensão superficial ( $48,90 \text{ MJ/m}^2$ ), o que faz com que a sua infiltração nas irregularidades do SCR seja limitada. (Bolfoni *et al.*, 2014)

A tensão superficial, como uma particularidade de atração intramolecular na superfície do líquido, impede a propagação da solução ao longo da superfície. (Cameron, 1986)

Kuga *et al.* (2011) avaliaram a infiltração do NaOCl (2,5%) combinado com EDTA (17%), ácido cítrico (1%) e ácido paracético (1%) nos túbulos dentinários, e verificaram que a combinação do mesmo com soluções ácidas não aumentava a sua profundidade de penetração na dentina radicular.

A melhor infiltração de NaOCl nos túbulos dentinários foi descrita por (5) Zou *et al.* (2010) como tendo ocorrido até  $300 \mu\text{m}$ , com uma concentração de 6%, durante 20 min, a  $45^\circ\text{C}$ . Um aumento da concentração desta solução aperfeiçoou a sua profundidade de infiltração, no entanto, uma completa erradicação das bactérias não foi alcançada, especialmente em profundidades superiores a  $300 \mu\text{m}$  a partir da junção pulpo-dentinária. (Wong e Cheung, 2014)

Uma baixa tensão superficial pode melhorar a eficácia antimicrobiana do NaOCl aumentando a sua penetração em áreas do SCR e nos túbulos dentinários, facto que não se mostra possível quando estamos na presença de valores de tensão superficial elevados.

Para se obter um tempo de contacto adequado do NaOCl com as paredes dentinárias dos canais radiculares, a molhabilidade e o tempo de irrigação representam um papel preponderante. Segundo Pecora *et al.* e Erickson (*cit. in* Palazzi *et al.*, 2011), a molhabilidade está correlacionada com a tensão superficial em superfícies ideais

(quimicamente homogêneas, lisas, não-reativas, indeformáveis e que não se deixem intumescer pelo líquido) e também com as propriedades de superfície da dentina.

Para ser alcançada uma molhabilidade ótima, a energia superficial do substrato deve ser o maior possível e o nível de tensão superficial do líquido em contacto com o substrato deve ser o menor possível. Uma forma de aperfeiçoar a eficácia bactericida das soluções desinfetantes melhorando a sua molhabilidade é incorporando na sua composição diferentes detergentes como agentes ativos de superfície, melhorando esta mesma característica, o que permite uma melhor penetração das soluções antibacterianas nos túbulos dentinários. Um dos irrigantes à base de NaOCl modificados com surfactantes trata-se do Hypoclean<sup>®</sup> (Ogna Laboratori Farmaceutici, Muggiò, Itália), que apresenta valores de tensão superficial (29.13 MJ/m<sup>2</sup>) significativamente inferiores ao comumente utilizado NaOCl a 5,25% (48.90 MJ/m<sup>2</sup>). (Bolfoni *et al.* 2014)

De acordo com os fabricantes, foram produzidas duas soluções contendo 5,25% de NaOCl, Hypoclean<sup>®</sup> A e Hypoclean<sup>®</sup> B, com dois surfactantes diferentes: cetrimida (surfactante catiónico) e polipropileno glicol, o polímero não-iónico do propileno glicol. (Palazzi *et al.*, 2011)

Palazzi *et al.* (2011) verificaram que ambas as soluções modificadas com surfactantes (Hypoclean<sup>®</sup> A e Hypoclean<sup>®</sup> B) apresentaram valores de tensão superficial significativamente menores que a solução de NaOCl (5,25%).

Também foi comprovado mais tarde por Almeida *et al.* (2013) que o mesmo apresentou um aumento na capacidade de dissolução pulpar.

## 5.6 – QMix<sup>®</sup>

QMix<sup>®</sup> (*Dentsply Tulsa Dental*, Tulsa, Estados Unidos da América) trata-se de uma solução recente, 2 em 1, composta por CHX (2%) e EDTA (17%) adicionados a um detergente. Esta solução demonstrou ser um agente capaz de remover *Smear Layer* e também revelou propriedades antimicrobianas substanciais. (Dai *et al.*, 2011; Pai e Thomas, 2011; Eliot *et al.*, 2014)

Relativamente à sua citotoxicidade, num estudo realizado por Alkahtani *et al.* (2014), verificou-se que mesmo sendo ambos, o QMix<sup>®</sup> e o NaOCl, tóxicos para as células estaminais mesenquimais, o QMix<sup>®</sup> induzia uma morte celular a um ritmo mais lento e menos agressivo que o NaOCl, sem que ocorresse lise celular. (Alkahtani *et al.*, 2014)

O mesmo foi afirmado por Chandrasekhar *et al.* (2013), onde também se observou que o QMix<sup>®</sup> pode ser indutor de uma resposta inflamatória.

## 5.7 – MTAD

Uma mistura de um antibiótico, isómero de tetraciclina, um ácido e um detergente (MTAD) foi introduzido com um irrigante final, o que representa uma abordagem inovadora para a eliminação simultânea da *Smear Layer* e para a desinfecção do SCR. (Adigüzel *et al.*, 2011)

MTAD trata-se de um material biocompatível que possui um efeito solubilizante na polpa e na dentina semelhante ao efeito produzido pelo EDTA. (Torabinejad *et al.*, 2003; Zhang *et al.*, 2003)

Esta mistura é composta por 3% de isómero de tetraciclina (doxiciclina), 4,25% de ácido cítrico e 0,5% de detergente (*Tween 80*). (Singla *et al.*, 2011)

Tem sido demonstrado por diversos autores que este irrigante apresenta uma ação eficaz na remoção da *Smear Layer*. (Gupta *et al.*, 2015)

Num estudo realizado por Gupta *et al.* (2015), após a irrigação de canais radiculares com MTAD, a superfícies dos canais e dos túbulos dentinários foram observadas livres de detritos nos terços coronais, médios e apicais.

## **5.8 – Tetraclean®**

Tetraclean® tem sido investigado como uma nova solução irrigante baseada numa mistura de ácido cítrico com um antibiótico (isómero de tetraciclina). Esta solução é indicada por diversos autores como um detergente para a irrigação final da superfície de canais radiculares instrumentados. (Torabinejad *et al.*, 2003; Giardino *et al.*, 2006)

O MTAD e o Tetraclean® diferem na concentração de doxiciclina (150mg/5ml para o MTAD e 50mg/5ml para o Tetraclean®) e no tipo de detergente presente na sua constituição (*Tween 80* para o MTAD, como já foi referido anteriormente, e cetrimida e glicol polipropileno para o Tetraclean®). Recentemente uma solução de Tetraclean® diferente foi desenvolvida: Tetraclean® NA. Esta nova solução não possui antibióticos, ou seja, é constituída apenas por ácido cítrico, cetrimida e glicol polipropileno. (Poggio *et al.*, 2015)

Como o Tetraclean® é uma solução irrigante-antibiótico baseada num isómero de tetraciclina, podem surgir problemas de coloração, ou com a resistência e a sensibilidade. (Haznedarođlu e Ersev, 2001)

Com isto, a utilização do Tetraclean<sup>®</sup> NA pode-se tornar uma alternativa viável. Estudos preliminares *ex vivo* mostraram que o Tetraclean<sup>®</sup> NA possuía valores de tensão superficial baixos, similares com os valores do Tetraclean<sup>®</sup> (29.9 MJ/m<sup>2</sup> vs. 29.1 MJ/m<sup>2</sup>). (Poggio *et al.*, 2015)

## **6 – Comparações e associações entre os irrigantes endodônticos**

De acordo com Zhang (2010), não existe nenhum irrigante que, isoladamente, consiga atuar em ambas as frações orgânicas e inorgânicas da *Smear Layer*.

Posto isto, todas as associações têm como objetivo, essencialmente, juntar os efeitos químicos das soluções empregues durante o tratamento. (Estrela *et al.*, 2002)

Soluções aquosas puras de NaOCl podem permanecer estáveis até 21 dias. Contudo, quando o EDTA entra em contato com o NaOCl, este pode diminuir a libertação de hidróxido de sódio/ácido hipocloroso, inativando desta forma a ação do NaOCl. (Zehnder *et al.*, 2005).

Segundo Sayin *et al.* (2007), o uso de EDTA em combinação com o NaOCl aumenta a remoção dos iões de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) da dentina canalar.

Um estudo publicado recentemente indicou que uma irrigação com NaOCl a 2,5-5%, seguida de uma solução de EDTA a 17% tem um efeito verdadeiramente benéfico no TE. (Ng, 2011).

Um outro estudo recente sugeriu que um canal irrigado com NaOCl, seguido de uma irrigação com EDTA, originava uma remoção completa da *Smear Layer*. (Lotfi *et al.*, 2012)

Foi observado por Gupta *et al.* (2015) que uma irrigação com 17% de EDTA e 5% de NaOCl produzia uma superfície limpa com apenas alguns fios isolados de detritos superficiais.

Como já pode ser observado, diversos estudos recomendam a utilização alternada do NaOCl com o EDTA para um desbridamento eficaz. Semelhante a esta irrigação *dual*, uma lavagem inicial do canal instrumentado com NaOCl diluído também foi recomendado por Torabinejad *et al.* (*cit. in* Adigüzel *et al.*, 2011) para realçar a eficácia do MTAD na dissolução da *Smear Layer*.

É possível que o NaOCl remova a porção orgânica da dentina mineralizada, criando canais de difusão que facilitam a entrada do EDTA na parte inter e peritubular da dentina, promovendo a sua desintegração. (Zhang, 2010)

Tem sido preconizado, por vários autores, o uso da associação de NaOCl e EDTA como um método eficaz de eliminação da *Smear Layer* produzida pela ação dos instrumentos durante o TE. A utilização desta sequência de irrigação resulta na erosão das paredes dos canais, caracterizada por uma dissolução da dentina inter e peritubular e pelo consequente aumento no diâmetro dos túbulos dentinários. No entanto, estes fenômenos provocam a derivada degradação das propriedades mecânicas da dentina. (Zhang *et al.*, 2010).

Uma vez que a CHX, como já foi mencionado anteriormente, é um solvente ineficaz na dissolução de tecidos, é necessário combiná-la com outras soluções para completar a limpeza, por exemplo, com um agente quelante e outras soluções irrigantes. Outros métodos também descritos são a utilização de instrumental rotatório ou o uso de vibração ultrassônica. (Arguello, 2001).

Jeansonne e White (*cit. in* Mahendra *et al.*, 2014) compararam, *in vitro*, a atividade antimicrobiana da CHX a 2% e do NaOCl a 5,25% como irrigante endodôntico. No estudo, dentes humanos anteriormente extraídos foram instrumentados utilizando os

irrigantes em questão. Foram recolhidas amostras microbiológicas após o acesso ao canal, após a instrumentação e irrigação, e após os dentes permanecerem numa atmosfera anaeróbica durante 24 horas. O número de culturas positivas pós-irrigação e o número de colônias formadas nas culturas positivas foi menor com a ação da CHX 2% comparada com os resultados obtidos com o NaOCl 5,25%.

Foi também avaliado noutro estudo o efeito antimicrobiano imediato e prolongado de diferentes soluções irrigantes utilizadas durante o preparo químico-mecânico do SCR, no combate à bactéria Gram-positiva *Enterococcus faecalis*. Após a instrumentação, os grupos que utilizaram NaOCl a 2,5%, CHX no estado líquido a 2% e CHX em gel, também a 2%, obtiveram bons resultados quanto à redução do *Enterococcus faecalis* encontrados no canal radicular. Entretanto, após 7 dias, os grupos anteriormente tratados com CHX, nas duas formulações, apresentaram resultados superiores ao grupo tratado com NaOCl 2,5%. Estes dados vieram comprovar mais uma vez a propriedade de substantividade característica da CHX. (Dametto *et al.*, 2005)

A atividade antimicrobiana do NaOCl e da CHX em diferentes formulações e concentrações também foi avaliada por Sena *et al.* (2006), contra espécies selecionadas do biofilme bacteriano. Nesse estudo os autores concluíram que a agitação mecânica promoveu a eficiência dos agentes antimicrobianos, resultando num menor tempo de eliminação dos microorganismos. As substâncias químicas apresentadas na forma líquida apresentaram melhores resultados, sendo que o NaOCl na concentração de 5,25% e a CHX na concentração de 2% eliminaram os microorganismos mais rapidamente.

Foi verificado por Stojicic *et al.* (2012) que, sob condições laboratoriais, as soluções de NaOCl e de QMix<sup>®</sup> apresentaram melhores resultados na eliminação de bactérias quando comparadas com CHX e MTAD.

Num estudo realizado por Zhang *et al.* (2015) foram avaliadas as atividades antibacterianas de algumas soluções irrigantes. De acordo com os resultados obtidos, as atividades antibacterianas, da com melhor capacidade à com menor, foram: CHX,

QMix<sup>®</sup>, MTAD e por fim EDTA. No entanto, segundo os autores, apenas a CHX e o QMix<sup>®</sup> apresentaram atividade antimicrobiana residual que durou até 36h e 12h, respectivamente.

Num estudo experimental realizado por Pai e Thomas (2011), foi concluído que a formulação QMix<sup>®</sup> foi tão eficaz quanto o EDTA na remoção da *Smear Layer* do canal radicular, após a utilização de NaOCl como irrigante inicial.

Outros estudos realizados anteriormente que também compararam a eficácia de soluções de QMix<sup>®</sup> com EDTA apresentaram resultados contraditórios. Em alguns desses estudos, a remoção eficaz da *Smear Layer* por parte do QMix<sup>®</sup> demonstrou-se ser equivalente à ação do EDTA (17%) (Dai *et al.*, 2011; Stojicic *et al.*, 2012; Aranda-Garcia *et al.*, 2013b). Enquanto isso, outros estudos realizados por Elnaghy (2014) e Eliot *et al.* (2014), provaram que o QMix<sup>®</sup> foi mais bem-sucedido que o EDTA (17%) na remoção da *Smear Layer* e na exposição dos túbulos dentinários.

Segundo Giardino *et al.* (2006) e Giardino *et al.* (2014), o Hypoclean<sup>®</sup> mostrou um aumento na capacidade de destruição bacteriana comparado com uma solução de NaOCl (5,25%).

Foi demonstrado por Mohammadi *et al.* (2012) que o Hypoclean<sup>®</sup> foi o irrigante mais eficaz contra a *Candida albicans*, a *Pseudomonas aeruginosa* e o *Lactobacillus casei*, usando um teste de agar. No entanto, Mohammadi *et al.* (2011), usando um modelo de dente humano, demonstrou que a substantividade do Hypoclean<sup>®</sup> durou até 4 semanas. Considerando o facto de o NaOCl não possuir substantividade, esta característica do irrigante à base de NaOCl, segundo o autor, é atribuída ao facto da sua infiltração nas irregularidades dos canais ser maior, o que faz com que os iões de cloro estejam disponíveis por um maior período de tempo.

## **7 – Sistemas de irrigação e de ativação de irrigantes**

Diversas técnicas de irrigação e dispositivos têm sido utilizados durante o TE para que este seja realizado com maior eficiência. Para a realização de uma irrigação eficiente, o irrigante deve ter contato direto com todas as zonas das paredes do canal radicular. (Zehnder, 2006)

### **7.1 – Irrigação manual com seringa e agulha**

A ação de limpeza, que depende de vários fatores como a profundidade de inserção, o diâmetro da agulha, o alargamento e conicidade do canal, é necessária para uma desinfecção adequada do canal radicular. A técnica de irrigação convencional com seringa e agulha, a irrigação manual (IM), é a técnica mais utilizada devido à sua fácil manipulação, o que providencia um bom controle da profundidade à qual se coloca a agulha no canal e também do volume de irrigante introduzido no mesmo. (Uzunoglu *et al.*, 2015)

A irrigação manual com uma agulha do tipo *Luer-Lock* de abertura lateral, usando pressão positiva de aproximadamente 2-3 mm do comprimento de trabalho (CT), é o sistema de irrigação mais comumente utilizado, uma vez que a abertura lateral da agulha ajuda a que o irrigante não seja extruído do canal. No entanto a sua segurança tem sido questionada devido à pressão positiva exercida, o que, apesar do controle rigoroso do CT, pode provocar extrusão da solução pelo ápice, resultando em danos severos dos tecidos e dores pós-operatórias. (Uzunoglu *et al.*, 2015)

Segundo Williamson *et al.* (*cit. in* Çapar e Aydinbelge, 2014), seringas tradicionais e agulhas de metal de diversos tamanhos e pontas têm sido usadas, mas devido à complexidade dos canais radiculares podem existir áreas não tratadas que necessitem de limpeza após a irrigação.

Por esse motivo, vários dispositivos mecânicos e diversas técnicas têm sido desenvolvidas para se aperfeiçoar a penetração e eficácia da irrigação. (Çapar e Aydinbelge, 2014)

## **7.2 – Irrigação ultrassônica passiva**

O termo “irrigação ultrassônica passiva” (IUP) foi descrito pela primeira vez por Weller *et al.* (1980)

“Ativação passiva” nesta técnica implica que o instrumento, uma vez dentro do canal, não toque nas paredes do mesmo. O termo “passivo” não descreve o processo adequadamente, uma vez que a ação é factiva, no entanto, quando foi pela primeira vez introduzido, este termo era direcionado para a ação “*noncutting*” da lima ativada ultrassonicamente, isto é, para o facto de a lima não realizar uma ação cortante nas paredes do canal quando ativada pelo ultrassons. (Van der Sluis *et al.*, 2007)

IUP conta com a transmissão de energia acústica, a partir das oscilações de uma lima fina (por exemplo de tamanho 15) (Uzunoglu *et al.*, 2015) ou de um arame liso que são colocados no centro do canal após instrumentação do mesmo, para o irrigante que se encontra dentro do canal radicular. Esta energia é transmitida por ondas ultrassônicas e tem a capacidade de induzir uma corrente acústica e uma ação de cavitação do irrigante. (Van der Sluis *et al.*, 2007)

Este processo vai aumentar a eficiência na limpeza por parte do irrigante através de poder de corte hidrodinâmico (Uzunoglu *et al.*, 2015). Como o canal já se encontra trabalhado, a lima ou arame podem oscilar livremente dentro do canal, ativando o irrigante, o que conseqüentemente faz com que este consiga uma melhor infiltração nas diversas zonas do SCR e o efeito de desinfecção seja mais poderoso. (Van der Sluis *et al.*, 2007)

A eficácia de limpeza da IUP implica a correta remoção de detritos de dentina, microorganismos e tecido orgânico do canal radicular. (Van der Sluis *et al.*, 2007)

Segundo Walmsley (*cit. in* Van der Sluis *et al.*, 2007), uma corrente acústica define-se como o movimento rápido de um fluido em movimento circular ou em vórtex, em volta de uma lima vibratória.

Cavitação, no contexto mecânico do fluido, pode ser descrita como a formação impulsiva de cavidades num líquido devido a forças de tensão induzidas por uma corrente de alta velocidade ou por gradientes de fluxo. Estas cavidades, ou sejam, bolhas, expandem e rapidamente rebentam produzindo um foco de energia. A cavitação acústica, segundo Leighton (*cit. in* Van der Sluis *et al.*, 2007) pode ser definida como a criação de novas bolhas, ou como a expansão e contração/distorção de bolhas pré-existentes num líquido, quando acoplado a uma energia acústica.

Com o uso deste método “noncutting”, o risco de se criarem formas aberrantes e anormais nos canais radiculares é mínimo. (Van der Sluis *et al.*, 2007)

No entanto, foi descrito por Cohen e Hargreaves (2007) que, infelizmente, por vezes é difícil controlar o corte da dentina durante a ativação ultrassónica, o que pode ocasionar perfurações apicais e canais de forma irregular. Posto isso, a ativação ultrassónica só deve ser utilizada após o canal estar completamente preparado, onde a lima poderá oscilar livremente dentro do canal sem manter contacto com as paredes do mesmo.

### **7.3 – EndoActivator®**

O sistema EndoActivator® foi recentemente apresentado na esperança que a sua utilização melhorasse a fase de irrigação. Trata-se de um sistema de irrigação sonicamente impulsionado que inclui uma peça de mão portátil e três pontas descartáveis flexíveis, de diferentes tamanhos, de polímero não cortante. Este *design* permite uma ativação segura de vários reagentes intracanales que produz uma agitação vigorosa do fluido. (Ramamoorthi *et al.*, 2015)

Durante a sua ação, este dispositivo produz uma nuvem de detritos que pode ser observada dentro da câmara pulpar cheia de fluido. A vibração da ponta, em combinação com a sua movimentação para cima e para baixo, em movimentos curtos, produz um fenómeno poderoso hidrodinâmico do ponto de vista sinérgico. (Ramamoorthi *et al.*, 2015)

O sistema EndoActivator® tem demonstrado que, aquando a sua utilização, os canais laterais são melhor irrigados. (Ramamoorthi *et al.*, 2015)

Em estudos realizados por Mitchell *et al.* (2011) e Boutsoukis *et al.* (2014) pode constatar-se que, comparativamente com outros métodos de irrigação e de ativação de irrigantes, o EndoActivator® apresentou resultados mínimos relativamente a extrusões apicais de irrigante.

### **7.4 – EndoVac®**

Aparentemente existem dois dilemáticos fenómenos associados à irrigação convencional com seringa e agulha. É desejável que os irrigantes estejam em contacto direto com as paredes do canal para uma atuação mais eficaz, no entanto, pode ser difícil para estes irrigantes alcançarem as porções apicais dos canais devido ao aprisionamento de ar quando as agulhas são colocadas longe da zona apical. Inversamente, se a ponta da agulha

for posicionada demasiado perto do forame apical pode resultar num severo dano iatrogénico para os tecidos periapicais. Uma solução plausível para este problema trata-se da alteração da irrigação por pressão positiva para pressão negativa. (Pasricha *et al.*, 2015)

O sistema EndoVac<sup>®</sup> é considerado um sistema de irrigação por pressão negativa composto por três componentes básicos: uma *Master Delivery Tip* (MDT), isto é, uma ponta principal de entrega de irrigante; uma macrocânula e uma microcânula. A MDT dispõe o irrigante na câmara pulpar e evacua o irrigante concomitantemente. Ambas, tanto a microcânula como a macrocânula estão conectadas por um tubo a uma seringa de irrigação e a um aspirador de alta sucção de uma unidade dentária. A macrocânula é fabricada num plástico flexível de polipropileno com uma abertura de 0,55 mm de diâmetro, e um diâmetro interno de 0,35 mm, com uma conicidade de 0.22, usada para sugar os irrigantes até ao terço médio do canal. Por último, a microcânula trata-se de uma cânula em aço inoxidável com 12 orifícios microscópicos dispostos em quatro linhas de três orifícios, posicionados lateralmente a 1mm da sua extremidade. Cada orifício possui 0,1mm de diâmetro e a distância entre eles é de 0,2mm. Esta microcânula apresenta a ponta fechada, com um diâmetro externo de 0,32mm e pode ser usada em canais alargados até ao tamanho 35 ou mais, e deve ser colocada até ao CT, para aspirar a solução irrigante e também detritos. Durante a irrigação, a MDT dispõe o irrigante ao mesmo tempo que aspira o excesso para que não ocorra transbordo do mesmo. As cânulas colocadas dentro do canal exercem simultaneamente pressão negativa, que puxa o irrigante da sua fonte de fornecimento na câmara pulpar até à sua ponta, e aspiração. Assim, um fluxo constante de irrigante fresco é constantemente entregue por pressão negativa até ao CT. (Pasricha *et al.*, 2015)

No seu estudo, Kocharian (*cit. in* Goode *et al.* 2013) sugeriu o estudo de um fenómeno chamada de “*two-phase flow*”, isto é, um fluxo bifásico constituído por ar misturado com um irrigante.

De acordo com Labid *et al.* (*cit. in* Goode *et al.* 2013), este fluxo, criado pela mistura de um gás (ar comum) com um líquido, cria tensões de cisalhamento nas paredes do canal radicular que ajudam na remoção de biofilme, detritos e outros contaminantes da superfície da parede. Esta turbulência no gás aumenta a reformação contínua de gotas de líquido e também melhora o impacto dessas gotas contra a parede do canal.

Foi verificado por Goode *et al.* (2013) que o sistema EndoVac<sup>®</sup> é capaz de eliminar significativamente uma elevada quantidade de detritos de um espaço mecanicamente inacessível localizado no terço apical de um modelo de canal curvado.

Num estudo realizado por Ahmetoglu *et al.* (2014), os melhores resultados de limpeza do terço apical dos canais radiculares foram obtidos pelo sistema EndoVac<sup>®</sup>, comparativamente com a IM e a IUP, bem como a melhor limpeza de istmos (Thomas *et al.*, 2014).

### **7.5 – Self-Adjusting File<sup>®</sup>**

Num estudo realizado por Tay *et al.* (2010), o aprisionamento de ar dentro do canal impediu que o fluxo do irrigante alcançasse o terço apical do mesmo, o que levantou questões acerca da confiabilidade de estudos anteriores realizados com mecanismos não especificados que podem levar a resultados dúbios.

Recentemente, um novo sistema de limas em Ni-Ti foi formulado para ultrapassar os problemas dos sistemas rotatórios convencionais, o Self-Adjusting File<sup>®</sup> (SAF<sup>®</sup>). Este sistema SAF<sup>®</sup> adapta-se tridimensionalmente à forma original do canal radicular, estando adaptado a um sistema de irrigação especial que providencia uma irrigação contínua durante a preparação canal, através de um tubo de silicone acoplado a um centro de rotação no eixo da lima. Um fluxo contínuo de irrigante poderá ter efeitos positivos nas propriedades de limpeza, especialmente no terço apical do SCR, onde se centram as

maiores dificuldades na tentativa de aporte de irrigante pelos sistemas convencionais. (Adigüzel *et al.*, 2011)

Num estudo realizado por Adigüzel *et al.* (2011), os autores observaram que a irrigação realizada com EDTA (17%) e MTAD, juntamente com o sistema SAF<sup>®</sup>, não obtiveram diferenças significativas na limpeza do canal. No entanto, a eliminação de detritos foi bem-sucedida tanto na zona coronal do canal como nos terços médios para ambas as soluções.

## **8 – Microdureza dentinária**

Torna-se fundamental para a Endodontia o estudo e conhecimento da microdureza dentinária, uma vez que uma redução na microdureza da dentina produz um efeito negativo sobre os seus componentes minerais, afetando, conseqüentemente, a adesão e a capacidade de selamento dos materiais (Pascon *et al.*, 2009). Dado que nesta ciência são empregues cimentos endodônticos resinosos, mostra-se imprescindível o estudo e exploração destes acontecimentos.

Segundo Seaman *et al.* (1979) e Burrow *et al.* (1994), o aumento do número de túbulos dentinários amplos pertos da polpa, livres de dentina peritubular, oferecem pouca resistência.

Pashley *et al.* (*cit. in* Kandil *et al.*, 2014) também relataram uma correlação inversa entre a microdureza da dentina e a densidade tubular. Este padrão histológico provavelmente contribui para a redução da dureza na região cervical da raiz. Descreveram também que a microdureza da dentina diminuía a partir de regiões superficiais para regiões profundas.

O mesmo foi confirmado por Fusayama (*cit. in Eldeniz 2005*), que referiu que a dureza da dentina está relacionada com a sua localização, e o seu valor vai diminuindo à medida que se aproxima da polpa.

O teor mineral e a quantidade de hidroxiapatite intertubular também são fatores importantes na determinação do perfil da dureza da estrutura intrínseca da dentina. (Panighi *et al.* 1992)

### **9 – Alterações dentinárias provocadas pelos irrigantes endodônticos**

As propriedades estruturais da dentina como a microdureza, a rugosidade, o módulo de elasticidade, a permeabilidade e a solubilidade podem ser alteradas após o contato com os irrigantes químicos, que são capazes de modificar a proporção orgânica e inorgânica dos componentes. (Aslantas *et al.*, 2014)

A microdureza é considerada uma evidência indireta das alterações minerais na dentina do canal radicular. Estas alterações podem afetar as propriedades adesivas da superfície dentinária. (Cruz-Filho *et al.*, 2011)

Mudanças significativas na dureza da dentina devido a tratamentos com NaOCl indicam potentes efeitos diretos deste agente químico nos componentes orgânicos e minerais da estrutura da dentina. Além disso, a contração volumétrica da dentina tratada com NaOCl e as mudanças na cristalinidade da apatite da dentina, são fatores consideráveis na determinação do perfil da dureza intrínseca das estruturas dentinárias. (Aquilera *et al.*, 2012)

Sim *et al.* (2001) estudaram os efeitos do NaOCl nas propriedades mecânicas da dentina e concluíram que o NaOCl a 5,25% reduzia a resistência à flexão e o módulo de elasticidade da dentina.

White *et al.* (2002) descreveram uma redução de 59% na força da dentina após a exposição da mesma a 5,25% de NaOCl durante 5 semanas.

Slutzky-Goldberg *et al.* (2002) avaliaram o efeito da irrigação com 2,5% de NaOCl na dentina radicular e indicaram uma diminuição da microdureza depois do tratamento.

Slutzky-Goldberg *et al.* (2004) verificaram o efeito do NaOCl nas concentrações de 2,5% e 6%, em diferentes tempos de irrigação (5, 10 ou 20 min), sobre a microdureza dentinária. Em todos os tempos avaliados, a redução da microdureza foi maior quanto maior a sua concentração.

O NaOCl, de acordo com Pascon *et al.* (2009) provoca uma alteração na rigidez do dente após o TE. Embora a literatura enumere a presença de cáries, a perda de tecido dentário na preparação da cavidade de acesso, a alteração das propriedades mecânicas da dentina devido à ação dos irrigantes e até mesmo a duração do próprio TE como as causas mais frequentes de fraturas dentárias, esta alteração de rigidez provocada pelo NaOCl também deve ser levada em consideração relativamente ao aumento da probabilidade de fratura. É provável que a interação destes fatores, cumulativamente, influencie na perda de resistência e conseqüentemente a possibilidade de fratura. (Sim *et al.*, 2001)

Tem sido preconizado, por vários autores, o uso da associação de NaOCl e EDTA como um método eficaz de eliminação da *Smear Layer* produzida pela ação dos instrumentos durante o TE. A utilização desta sequência de irrigação resulta na erosão das paredes dos canais radiculares, caracterizada por uma dissolução da dentina inter e peritubular e pelo conseqüente aumento no diâmetro dos túbulos dentinários. No entanto, estes fenômenos provocam a derivada degradação das propriedades mecânicas da dentina. (Zhang *et al.*, 2010).

Relativamente à área da dentística, a qualidade e/ou integridade do colagénio presente na dentina apresenta uma importância fundamental para a infiltração da resina. Como

resultado da aplicação de NaOCl, alterações nas fibras de colagénio irão diminuir a forças de adesão dessas mesmas fibras à dentina. (Perdigão *et al.*, 2000)

Ari *et al.* (2004) também analisaram o efeito de diferentes soluções irrigadoras na microdureza e na rugosidade da dentina do canal radicular, sendo quatro delas soluções de NaOCl a 5,25% e 2,25%, uma solução de EDTA a 17% e também uma solução de gluconato de clorhexidina a 0,2%. Todas as soluções testadas mostraram uma redução significativa da microdureza da dentina do canal radicular à excepção da CHX. A rugosidade da dentina também foi alterada pelas soluções anteriormente descritas, com excepção novamente da solução de CHX a 2%.

No que diz respeito aos agentes quelantes anteriormente referidos (ácido cítrico e EDTA), tem sido relatado que este tipo de agentes químicos causam alterações na estrutura química da dentina humana e que alteram a relação cálcio/fósforo (Ca/P) na superfície da dentina. Estas alterações na relação Ca/P podem modificar a relação original entre os componentes orgânicos e inorgânicos da dentina, que, por sua vez, alteram a permeabilidade e as particularidades de solubilidade da dentina, bem como influenciam a adesão dos materiais dentários aos tecidos duros. (Dineshkumar *et al.*, 2012)

A ação quelante do EDTA induz um potencial amolecimento adverso sobre os componentes calcificados de dentina e, posteriormente, uma redução na microdureza. Como consequência da desobstrução dos túbulos dentinários pela remoção da *Smear Layer* levada a cabo pelo EDTA, a molhabilidade do canal radicular diminui, comparando com canais com dentina não tratada. (Dogan Buzoglu *et al.*, 2007)

A explicação para esta diminuição da molhabilidade foi sugerida por Ramos *et al.* (2009) e Farge *et al.* (2010), onde foi explicado que pelo facto de ao obtermos túbulos dentinários desobstruídos e com maiores diâmetros, estes terem a possibilidade de serem preenchidos por pequenas bolsas de ar. Esta contribuição hidrofóbica vai fazer, neste caso, com que a molhabilidade da dentina diminua.

O mesmo foi verificado por Sayin *et al.* (2007) que afirmou que aplicações de EDTA em tempo alargado podem também conduzir ao aumento da remoção de  $\text{Ca}^{2+}$  da dentina presente no canal, levando à ocorrência de uma erosão tubular.

A adição de alguns surfactantes, como já foi referido anteriormente, reduz a tensão superficial do irrigante, melhora a efetividade antibacteriana, facilita a penetração do irrigante na superfície dentinária e também aumenta a molhabilidade da mesma. Contudo, a cetrimida pode alterar a estrutura dos bastões de hidroxiapatite de uma forma dependente da sua concentração. (Tianyuan *et al.*, 2011)

Num estudo relativamente recente, o agente surfactante cetrimida diminuiu a microdureza da dentina numa extensão semelhante ao EDTA isolado. No entanto, uma solução de EDTA com cetrimida não provocou alterações adicionais na microdureza dentinária quando comparado também com o EDTA isolado. (Akçay e Sen, 2012)

Os valores de desmineralização do ácido cítrico são consideravelmente mais elevados que os do EDTA, tanto na presença como na ausência de cetrimida. Além disso, a presença de cetrimida nas soluções irrigantes não previne a extração de iões de  $\text{Ca}^{2+}$  da dentina radicular, o que pode ser considerada uma característica útil no sentido de beneficiar a atividade antibacteriana das soluções irrigantes. (Poggio *et al.*, 2015)

Ozdemir *et al.* (2012) avaliaram os efeitos do tratamento com NaOCl e EDTA em dentinas jovens e dentinas envelhecidas. De acordo com os resultados obtidos, tanto o EDTA como o NaOCl alteraram significativamente os padrões da hidroxiapatite presente na dentina, bem como aumentaram o grau de erosão.

A esclerose dentinária originada pelo aumento da idade mostra uma diminuição no conteúdo de colagénio, (Vasiliadis *et al.*, 1983; Kinney *et al.*, 2005) o que torna a dentina peritubular mais facilmente dissolvida pelos ácidos (Trowbridge *et al.*, 1998). Isto pode explicar a excessiva erosão tubular observada na dentina envelhecida, evidenciada pelo

aumento significativo no diâmetro e na área tubular. Na análise dos resultados desse estudo realizado por Ozdemir *et al.* (2012), foi observado que quando o EDTA foi usado e combinação com o NaOCl, durante 10 minutos, a intensidade do padrão de hidroxiapatite medida pela difração de raio-x, diminuiu cerca de 33,80% na dentina envelhecida, enquanto na dentina jovem apenas foi notado um decréscimo de 10%.

Beltz *et al.* (2003) concluíram que uma solução de NaOCl a 5,25%, associada ou não a uma solução de EDTA a 17%, causa alterações no colagénio da dentina. Relativamente ao EDTA, as imagens obtidas no estudo por microscópio eletrônico de varrimento revelaram áreas de desmineralização em todos os grupos em que o agente foi utilizado, sozinho ou associado a outras substâncias.

Os resultados do estudo realizado por Eldeniz *et al.* (2005) indicaram que a irrigação de canais radiculares com a combinação de EDTA/NaOCl ou ácido cítrico/NaOCl diminuiu a microdureza e aumentou a rugosidade da dentina canalar. Quando foram analisados os resultados relativos aos valores da rugosidade da superfície dentinária no mesmo estudo, as diferenças entre a irrigação dentária com EDTA e o ácido cítrico, relativamente a um grupo de controlo, foram estatisticamente significativas. No entanto, a avaliação rugosidade da dentina após o uso de ambas as soluções, e após ser verificada uma remoção da *Smear Layer*, indicou que o aumento da rugosidade da dentina tratada com ácido cítrico era significativamente maior do que a dentina que recebeu o tratamento com EDTA.

Segundo Cruz-Filho *et al.* (2011), a redução na microdureza da camada mais superficial da dentina do canal radicular é um efeito desejável. De acordo com os autores, o uso de agentes quelantes durante o preparo químico-mecânico elimina a *Smear Layer*, aumenta o acesso da solução irrigadora aos túbulos dentinários, permite uma desinfecção eficaz e também reduz a microdureza da dentina, facilitando a ação dos instrumentos endodônticos. Os mesmos avaliaram os efeitos provocados na microdureza da camada mais superficial da dentina de diferentes agentes quelantes como o EDTA a 15%, o ácido

cítrico a 10%, entre outros. No entanto, o EDTA e o ácido cítrico demonstraram ser os mais competentes nesta redução de dureza.

Estudos realizados em anos anteriores demonstraram que soluções de NaOCl e o EDTA diminuía a microdureza da dentina radicular, enquanto soluções contendo diferentes concentrações de CHX obtiveram efeitos variáveis. (Cruz-Filho *et al.*, 2011; Akcay e Sen, 2012)

A ação do MTAD sobre a dentina induz uma erosão insignificante, mas no entanto promove uma significativa diminuição na microdureza da mesma. (Dineshkumar *et al.* 2012)

Segundo Singh *et al.* (*cit. in* Ravikumar *et al.*, 2014), quando este irrigante é utilizado conforme as suas diretrizes, comprova-se que o mesmo remove a *Smear Layer* com menor ação de erosão na estrutura dentária que o EDTA, sem provocar efeitos adversos na força de flexão da dentina e também no seu módulo de elasticidade.

Embora tenha sido observada uma maior erosão da dentina quando esta foi irrigada com EDTA (17%), num estudo realizado por Aranda-Garcia *et al.* (2013a), a avaliação da microdureza da mesma não diferiu dos resultados obtidos com QMix®.

De acordo com as diversas observações, uma irrigação canalar com estas soluções químicas conduz a alterações estruturais da dentina, evidenciadas pela redução da microdureza e pelo aumento da rugosidade da superfície.

Estes efeitos podem ser benéficos na prática clínica, uma vez que permitem a preparação rápida e negociação com canais radiculares mais estreitos. No entanto, o grau de enfraquecimento e desmineralização pode ter uma influência na física e química nas propriedades desta estrutura heterogênea. (Panighi *et al.* 1992)

## 10 – Influência dos irrigantes na qualidade da obturação

O tratamento da superfície da dentina com diversos irrigantes pode provocar alterações na estrutura e na composição química da dentina, modificando a sua solubilidade e permeabilidade, o que conseqüentemente vai afetar a adesão de materiais à superfície dentinária. De acordo com Erickson (*cit. in Ravikumar et al.*, 2014), um contacto contíguo entre o material adesivo e o substrato é necessário para uma boa adesão e facilita a atração molecular, o que permite melhor infiltração.

A adesão e a facilidade de penetração tem-se demonstrado uma propriedade física muito desejada nos cimentos de obturação. Um cimento obturador ideal deveria selar o canal radicular, aderindo tanto à guta-percha como também às paredes do canal. (Hashem *et al.*, 2009)

*A-H Plus® sealer* (Dentsply, Alemanha) trata-se de um cimento obturador à base de resina que tem sido estudado em diversos artigos de investigação. Tem sido um cimento amplamente aceite devido às suas ótimas propriedades físicas, à sua reduzida solubilidade, à sua capacidade de selamento apical, bem como à sua adequada performance biológica e microrretenção na dentina radicular. (Hashem *et al.*, 2009)

Num estudo realizado recentemente por Ravikumar *et al.* (2014), os autores verificaram que uma irrigação final com EDTA resultou em valores de força de adesão mais elevadas, quando obturado o canal com *A-H Plus®*, comparativamente com uma irrigação realizada com MTAD. Isto pode ser atribuído ao facto de que o EDTA diminui significativamente a molhabilidade da parede dentinária, o que se torna uma característica favorável ao selamento quando este é realizado com materiais de natureza hidrofóbica, como é o caso do resinoso *A-H Plus®*.

De acordo com o estudo realizado por Tay *et al.* (*cit. in Ravikumar et al.*, 2014), o MTAD produziu uma zona de desmineralização dentinária espessa, de 10 a 12mm, comparada

com o EDTA que produziu apenas uma desmineralização de apenas 4 a 6mm de espessura. Para além disso, o componente presente no MTAD, *Tween* 80, que se trata de um detergente, como já foi anteriormente mencionado, permite um aumento na molhabilidade, o que consequentemente aumenta a permeabilidade da dentina intertubular, bem como a exposição da matriz de colagénio e do fluído intertubular, o que se pode tornar um aspeto negativo na adesão de cimentos hidrofóbicos.

Estudos realizados por Borges *et al.* (2008) relatam que apesar do NaOCl ser eficaz na limpeza do canal radicular, o mesmo também pode diminuir propriedades físicas e químicas da dentina. Como consequência da diminuição destas propriedades, verifica-se não só a diminuição do módulo de elasticidade e da resistência à flexão da dentina, como também a possibilidade da penetração da resina na estrutura dentinária e/ou a polimerização de monómeros na dentina desmineralizada serem afetadas, influenciando negativamente a qualidade das restaurações.

A microinfiltração endodôntica refere-se à infiltração de fluidos e microorganismos na interface do material obturador com as paredes do SCR e também pelas fendas existentes no próprio material de obturação. Tanto a microinfiltração coronal como a apical apresentam efeitos adversos no êxito do TE. (Lahor-Soler *et al.*, 2015)

Num estudo recente realizado por Lahor-Soler *et al.* (2015), os autores observaram valores elevados de infiltração quando a irrigação final foi realizada por NaOCl (5,25%). Isto deve-se à sua capacidade de oxidação, que gera uma camada rica em oxigénio na superfície da dentina, o que reduz as forças adesivas através da inibição da polimerização dos materiais à base de resina.

Os mesmos autores detiveram que utilizando outros irrigantes finais, como a CHX ou o ácido cítrico, os valores obtidos de microinfiltração foram menores. (Lahor-Soler *et al.*, 2015)

Segundo Fróes *et al.* (cit. in Andrabi *et al.*, 2012) a remoção da camada de *Smear Layer* é essencial para a limpeza do SCR, uma vez que esta é composta organicamente por proteínas de coagulação, tecido pulpar, restos necróticos, saliva, células sanguíneas e microorganismos; e inorganicamente por minerais da estrutura dentinária. Esta camada residual pode interferir com o prognóstico da obturação do canal pela obliteração provocada nos túbulos dentinários, que pode impedir a penetração dos cimentos endodônticos.

O grau de penetração do cimento nos túbulos dentinários pode servir também como um indicador do grau de *Smear Layer* removido (Moon *et al.*, 2010). Com isto reforça-se a ideia de que uma boa irrigação deve ser realizada, e que se pode e deve tirar partido dos métodos auxiliares como é o caso dos sistemas de ativação de irrigantes.

O EDTA, por possuir a propriedade de dissolução de tecido inorgânico, tem a desvantagem de fragilizar a dentina. Quando esta substância quelante é associada ao hipoclorito de sódio, a sua ação sobre a dentina é potencializada, uma vez que, após a remoção do componente inorgânico, as fibras de colagénio ficam expostas, o que consequentemente as coloca à disposição da ação do NaOCl. (Marending *et al.*, 2007).

Gomes *et al.* (2010) sugeriram a utilização do EDTA como agente desmineralizante por esta se tratar de uma solução ácida que não desmineraliza drasticamente a dentina, permitindo que as fibras de colagénio não sejam completamente alteradas e mantenham ainda uma maior quantidade de minerais intrafibrilares.

Vivacqua-Gomes *et al.* (cit. in Mohammadi *et al.* 2015) avaliaram a interposição de diferentes agentes irrigantes na capacidade de selamento coronário de obturações de canais radiculares, onde foi utilizada guta-percha e um cimento à base de óxido de zinco e eugenol. Os resultados mais favoráveis foram obtidos pelos grupos irrigados com a combinação de NaOCl com EDTA e pelo grupo que onde foi utilizada CHX em gel a 2%. O grupo onde foi utilizada a associação de NaOCl com CHX em gel 2% obteve os piores resultados de infiltração. Os autores relacionam este resultado à formação de um

precipitado castanho que se forma quando o hipoclorito de sódio entra em contato com a CHX, e que se adere às paredes do canal, sendo difícil a sua remoção.

Homayouni *et al.* (2014) concluíram que a presença desse precipitado que é formado pela interação do NaOCl com a CHX tem um efeito negativo relativamente à capacidade de selamento do canal com guta-percha.

Foi verificado por Ballal *et al.* (2013) que quando utilizado como irrigante final, o QMix<sup>®</sup> favorecia a molhabilidade da dentina canalar por parte do *A-H Plus*<sup>®</sup> e de outro cimento obturador chamado *ThermaSeal Plus*<sup>®</sup>, facto que já não se pôde verificar tão favorável quando o canal foi irrigado pelo EDTA.

Num estudo realizado por Tuncer (2015), observou-se uma percentagem de penetração do cimento obturador foi significativamente boa no grupo onde o autor utilizou o EDTA + CHX e também no grupo onde foi utilizado o QMix<sup>®</sup>. No entanto não foram observadas diferenças entre estes dois grupos.

Ballal *et al.* (2013) também avaliaram a molhabilidade de cimentos obturadores na dentina dos canais radiculares previamente irrigados. Estes autores verificaram que a capacidade de molhar e de se espalhar na dentina radicular, por arte do *A-H Plus*<sup>®</sup>, foi reduzida quando se utilizou EDTA como irrigante final. Os autores atribuíram este achado à capacidade reduzida do EDTA de desmineralizar a dentina na ausência de um surfactante. Contudo, verificaram que o QMix<sup>®</sup> permitiu uma melhor molhabilidade na dentina por parte do *A-H Plus*<sup>®</sup>. Este achado pode ter sido causado devido à ação combinada da CHX com o detergente presente na composição do QMix<sup>®</sup>.

O mesmo foi verificado por Tuncer (2015), quando na irrigação final dos canais radiculares foi realizada com CHX e só em seguida por EDTA. Verificando também que não se observaram diferenças significativas na penetração dos cimentos quando a irrigação final era realizada por QMix<sup>®</sup> ou por EDTA + CHX.

Foi demonstrado por Assis *et al.* (2011) que a CHX diminuía o ângulo de contacto dos cimentos obturadores com a superfície dentinária, melhorando desse modo a molhabilidade dos mesmos.

Estudos também constataram que a infiltração do cimento obturador nos túbulos dentinários se verificava maior nas zonas coronais e médias do canal radicular, em comparação com o terço apical. (Chandra *et al.*, 2012; Tuncer, 2015)

Este acontecimento pode dever-se ao facto dos túbulos dentinários na região apical apresentarem um diâmetro menor e estarem presentes num número mais reduzido que nas outras zonas, o que pode levantar obstáculos à penetração dos irrigantes (Tunga *et al.*, 2011). Além disso, a dentina na região apical do canal radicular também se encontra mais frequentemente esclerosada. (Paqué *et al.*, 2006)

Segundo Sundqvist e Figdor (*cit. in* Tuncer, 2015), a atividade antibacteriana dos cimentos também pode prevenir a colonização bacteriana e a reinfeção isolando bactérias viáveis dentro dos túbulos, afastando-as de potenciais fontes de nutrientes, o que conseqüentemente levaria a uma melhor prognóstico do TE.

### III – CONCLUSÃO

Com a realização desta revisão bibliográfica acerca dos irrigantes endodônticos e do seu papel na Endodontia, das suas propriedades e das suas influências na dentina e no processo de adesão, foi possível concluir-se diversos factos.

Relativamente ao tratamento endodôntico, o seu objetivo primário resume-se à otimização da desinfeção do canal, de forma a erradicar a infeção presente e evitar uma reinfeção posterior. A eliminação da *Smear Layer* também é um aspeto importante uma vez que esta camada residual pode interferir com o prognóstico da obturação do canal, pela obliteração provocada nos túbulos dentinários, que pode impedir a penetração dos cimentos endodônticos.

Os irrigantes endodônticos, para além de auxiliarem a ação dos instrumentos, lubrificando o canal, promovem a circulação hidráulica pelo interior dos canais, penetrando todo o sistema canalar desinfetando-o.

O NaOCl tem um papel importante história da Medicina e da Medicina Dentária. Em Endodontia, a sua concentração tem consequências preponderantes no módulo de elasticidade da dentina e na sua resistência à flexão

Diferentes autores referiram que quanto mais elevada for a concentração da solução de NaOCl, maior a sua citotoxicidade, no entanto, todos os dados obtidos nos estudos mostram que o NaOCl se trata de um irrigante antibacteriano eficaz.

A CHX trata-se de um agente antimicrobiano potente e é uma substância química auxiliar adequada para anteceder procedimentos obturadores adesivos, uma vez que não afeta a estrutura dentinária. No entanto provoca colorações indesejáveis nos tecidos, como o escurecimento dos dentes, das bochechas e da língua.

O ácido cítrico e o EDTA demonstraram ser soluções descalcificantes adequadas para a remoção da *Smear Layer*. Como resultado desta remoção, depois da aplicação destas soluções nas superfícies endodonciadas, os túbulos dentinários ficam desobstruídos e a rugosidade da superfície aumenta.

QMix<sup>®</sup>, uma recente solução formulada pela junção de CHX e EDTA também demonstrou ser um agente capaz de remover *Smear Layer* e revelou propriedades antimicrobianas substanciais.

Uma menor tensão superficial permite uma maior penetrabilidade do material obturador nos túbulos dentinários. Apesar da capacidade de dissolução de tecidos e da distinta atividade antimicrobiana, o NaOCl apresenta uma tensão superficial relativamente elevada. Uma solução alternativa trata-se da adição de detergentes à solução, como é o caso do Hypoclean<sup>®</sup>, que apresenta uma menor tensão superficial e conseqüentemente um aumento no poder de desinfecção.

Posto isto, pode-se afirmar que a irrigação tem um papel preponderante no sucesso do TE. Embora o NaOCl seja a solução irrigante mais importante, nenhum irrigante só por si só consegue cumprir todas as demandas requeridas para uma boa irrigação. Evoluções tecnológicas trouxeram a invenção de novos dispositivos que podem contar com diferentes mecanismos de transferência dos irrigantes, remoção da *Smear Layer* e uma desinfecção mais aprimorada, mencionando o Self-Adjusting File<sup>®</sup>, o EndoActivator<sup>®</sup>, o EndoVac<sup>®</sup> e a irrigação ultrassônica passiva.

A irrigação por pressão negativa executada pelo EndoVac<sup>®</sup> demonstrou-se superior a providenciar uma limpeza mais eficaz, sem efeitos de aprisionamento de ar, abastecendo o canal com um volume de irrigante indicado e com mais prevenção relativamente à extrusão apical.

Em suma, pôde observar-se que o NaOCl diminui a resistência à flexão da dentina, o seu módulo de elasticidade, a sua microdureza, as suas forças de adesão bem como a sua rigidez, o que pode conseqüentemente facilitar as fraturas.

A adição de surfactantes diminui a tensão superficial da dentina e aumentam a molhabilidade da mesma, permitindo uma melhor penetração dos irrigantes, o que facilita a desinfecção. No entanto, estas soluções também diminuem a microdureza dentinária.

O EDTA provoca uma diminuição da microdureza e da molhabilidade da dentina bem como também induz uma alta erosão tubular. No entanto, o MTAD também remove a *Smear Layer* eficazmente induzindo menos erosão que o EDTA. Ao contrário deste ultimo, o ácido cítrico provoca um aumento da rugosidade mais acentuado.

O QMix<sup>®</sup> apesar de demonstrar resultados semelhantes ao EDTA relativamente à diminuição da microdureza dentinária, demonstrou também ser um irrigante bastante positivo quando a obturação é realizada com cimentos resinosos.

Posto isto, verificaram-se diversas alterações na conformação da estrutura dentinária provocadas pelos irrigantes endodônticos. A diminuição na dureza da dentina foi vista tanto como vantagem (auxílio na instrumentação) como uma desvantagem (fragilidade do dente). Sendo assim, torna-se essencial o estudo dos auxiliares químicos sobre a microdureza e sobre a estrutura dentinária, com objetivo de se explorarem protocolos de preparo químico-mecânico dos canais radiculares seguros e eficazes, reduzindo o risco de fratura de dentes submetidos ao tratamento endodôntico.

Baseado nas observações da literatura consultada, parece coerente afirmar que a escolha da substância química auxiliar, o seu método de irrigação e de ativação do irrigante, deve ser fundamentada nos seus efeitos provocados sobre a dentina e nas possíveis conseqüências destas alterações sobre a qualidade e longevidade da obturação do canal radicular.

## BIBLIOGRAFIA

Adigüzel, O. *et al.* (2011). Effectiveness of ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) and MTAD on debris and smear layer removal using a self-adjusting file *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 112(6), pp. 803–808.

Ahmetoglu, F. *et al.* (2014). Effectiveness of different irrigation systems on smear layer removal: A scanning electron microscopic study. *European Journal of Dentistry*, 8(1), pp. 53–57.

Alkahtani, A. *et al.* (2014). Cytotoxicity of QMix™ endodontic irrigating solution on human bone marrow mesenchymal stem cells. *BMC Oral Health*, 14(1), p. 27.

Almeida, L.H. *et al.* (2013). Pulp tissue dissolution capacity of sodium hypochlorite combined with cetrimide and polypropylene glycol. *Brazilian Dental Journal*, 24, pp. 477–481.

Andrabi, S.M. *et al.* (2012). An In Vitro SEM Study on the Effectiveness of Smear Layer Removal of Four Different Irrigations. *Iran Endod J*, 7(4), pp. 171–176.

Aquilara, F.S. *et al.* (2012). Wetting ability of an acetone-based etch&rinse adhesive after NaOCl-treatment. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 17(4), pp. 644–648.

Aranda-Garcia, A.J. *et al.* (2013a). Effect of final irrigation protocols on microhardness and erosion of root canal dentin. *Microsc Res Tech*, 76(10), pp. 1079–1083.

Aranda-Garcia, A.J. *et al.* (2013b). Effect of the root canal final rinse protocols on the debris and smear layer removal and on the push-out strength of an epoxy-based sealer. *Microsc Res Tech*, 76, pp. 533–537.

Arguello, K. (2001). Visión Actualizada de la Irrigación en Endodoncia: Más Allá del Hipoclorito de Sodio. [Em linha]. Disponível em <  
[http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado\\_19.htm](http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_19.htm)>. [Consultado em 10/04/2015].

Ari, H., Erdemir, A. e Belli, S. (2004). Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *Journal of Endodontics*, 30(11), pp.792–795.

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.

Assis, D.F. *et al.* (2011). Evaluation of the interaction between endodontic sealers and dentin treated with different irrigant solutions. *Journal of Endodontics*, 37, pp. 1550–1552.

Ballal, N.V. *et al.* (2013). Wettability of root canal sealers on intraradicular dentine treated with different irrigating solutions, *Journal of Dentistry*, 41(6), pp. 556–560.

Baumgartner, J.C. e Mader, C.L. (1987). A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *Journal of Endodontics*, 13, pp. 147–157.

Basson, N.J. e Tait, C.M. (2001). Effectiveness of three root canal medicaments to eliminate *Actinomyces israelii* from infected dentinal tubules in vitro. *SADJ*, 56(11), pp. 499–501.

Beltz, R.E., Torabinejad, M. e Pouresmail, M. (2003). Quantitative analysis of the solubilizing action of MTAD, sodium hypochlorite and EDTA on bovine pulp and dentin. *Journal of Endodontics*, 29, pp. 334–337.

Berkovitz, B., Holland, G. e Moxham, B. (2004). *Anatomia, Embriologia e Histologia Bucal*. 3ª Edição, ArtMed.

Bevilacqua, I.M., Habitante, S.M. e Cruz, C.W. (2004). A clorexidina como alternativa no tratamento de infecções endodônticas: revisão de literatura. *Rev. Biociên*, 10(3), pp. 139–145.

Bolfoni, M.R. *et al.* (2014). Effect of a Surfactant on the Antimicrobial Activity of Sodium Hypochlorite Solutions. *Brazilian Dental Journal*, 25(5), pp. 416–419.

Borges, A. F. *et al.* (2008). NaOCl effects on primary and permanent pulp chamber dentin. *Journal of Dentistry*, 36, pp. 745–753.

Boutsioukis, C., Lambrianidis, T. e Kastrinakis, E. (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., Psimma, Z. e Kastrinakis, E. (2014). The effect of flow rate and agitation technique on irrigant extrusion ex vivo. *International Endodontic Journal*, 47(5), pp. 487–496.

Breschi, L. *et al.* (2010). Chlorhexidine stabilizes the adhesive interface: A 2-year *in vitro* study. *Dental Materials*, 26(4), pp. 320–325.

Bui, T.B., Baumgartner, J.C. e Mitchell, J.C. (2008). Evaluation of the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate and its effect on root dentin. *Journal of Endodontics*, 34(2), pp. 181–185.

Burrow, M.F. *et al.* (1994). The influence of age and depth on dentin bonding. *Dental Materials*, 10, pp. 241–246.

Calt, S. e Serper, A. (2002). Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *Journal of Endodontics*, 28, pp. 17–19.

Cameron, J.A. (1986). The effect of a fluorocarbon surfactant on the surface tension of the endodontic irrigant sodium hypochlorite, a preliminary report. *Australian Dental Journal*, 31, pp. 364–368.

Çapar, İ.D. e Aydinbelge, H.A. (2014). Effectiveness of Various Irrigation Activation Protocols and the Self-Adjusting File System on Smear Layer and Debris Removal. *Scanning*, 36(6), pp. 640–647.

del Carpio-Perochena, A.E. *et al.* (2011). Biofilm dissolution and cleaning ability of different irrigant solutions on intraorally infected dentin. *Journal of Endodontics*, 37, pp. 1134–1138.

del Carpio-Perochena, A. *et al.* (2015). Antibacterial and dissolution ability of sodium hypochlorite in different pHs on multi-species biofilms. *Clin Oral Investig*, 19(8), pp. 2067–2073.

Carrigan, P.L. *et al.* (1984). A scanning electron microscopic evaluation of human dentinal tubules according to age and location. *Journal of Endodontics*, 10, pp. 359–363.

Carrilho, M.R. *et al.* (2007). Chlorhexidine preserves dentin Bond *in vitro*. *J Dent Res*, 86(1), pp. 90–94.

Chandra, S.S. *et al.* (2012). Depth of penetration of four resin sealers into radicular dentinal tubules: a confocal microscopic study. *Journal of Endodontics*, 38, pp. 1412–1416.

Chandrasekhar, V. *et al.* (2013). Evaluation of biocompatibility of a new root canal irrigant Q Mix™ 2 in 1- An *in vivo* study. *J Conserv Dent*, 16, pp. 36–40.

Chang, Y. *et al.* (2001). The effect of sodium hypochlorite and chlorhexidine on cultured human periodontal ligament cells. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 92(4), pp. 446–450.

Cohen, S. e Hargreaves, K.M. (2007). *Caminhos da polpa*. 9ª Edição, Rio de Janeiro, Elsevier.

Cohen, S., Stewart, G.G. e Laster, L.L. (1970). The effects of acids, alkalies and chelating agents on dentine permeability. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 29, pp. 631–634.

Cruz-Filho, A.M. *et al.* (2001). Evaluation of the effect of EDTAC, CDTA and EGTA on radicular dentin microhardness. *Journal of Endodontics*, 27(3), pp. 183–184.

Cruz-Filho, A.M. *et al.* (2011). Effect of Chelating Solutions on the Microhardness of Root Canal Lumen Dentin. *Journal of Endodontics*, 37, pp. 358–362.

Dai, L. *et al.* (2011). The effect of QMix, an experimental antibacterial root canal irrigant, on removal of canal wall smear layer and debris. *Journal of Endodontics*, 37, pp. 80–84.

Dakin, H.D. (1915). On the use of certain antiseptic substances in treatment of wounds. *British Medical Journal*, 2(2852), pp. 318–320.

Dametto F.R. *et al.* (2005). In vitro assessment of the immediate and prolonged antimicrobial action of chlorhexidine gel as an endodontic irrigant against *Enterococcus faecalis*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 99(1), pp. 768–772.

Davies, G.E. *et al.* (1954). 1:6-Di-4'-chlorophenyldiguanidohexane (hibitane); laboratory investigation of a new antibacterial agent of high potency. *Br J Pharmacol Chemother*, 9, pp. 192–196.

Dineshkumar, M.K. *et al.* (2012). Effect of ethylene diamine tetra-acetic acid, MTAD™, and HEBP as a final rinse on the microhardness of root dentin. *J Conserv Dent*, 15(2), pp. 170–173.

Doğan, H. e Qalt, S. (2001). Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *Journal of Endodontics*, 27(9), pp. 578–580.

Dogan Buzoglu, H., Calt, S. e Gumusderelioglu, M. (2007). Evaluation of the surface free energy on root canal dentine walls treated with chelating agents and NaOCl. *International Endodontic Journal*, 40(1), pp. 18–24.

Eick, J.D. *et al.* (1999). Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *Journal of Dental Research*, 49(6), pp. 1359–1368.

Eldeniz, A.U., Erdemir, A. e Belli, S. (2005). Effect of EDTA and citric acid solutions on the microhardness and the roughness of human root canal dentin. *Journal of Endodontics*, 31(2), pp. 107–110.

Eliot, C. *et al.* (2014). The effect of the irrigant QMix on removal of canal wall smear layer: an ex vivo study. *Odontology*, 102, pp. 232–240.

Elnaghy, A.M. (2014). Effect of QMix irrigant on bond strength of glass fibre posts to root dentine. *International Endodontic Journal*, 47, pp. 280–289.

Estrela, C. *et al.* (2002). Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian Dental Journal*, 13(2), pp.113–117.

Estrela, C. *et al.* (2008). Efficacy of sodium hypochlorite and chlorhexidine against *Enterococcus faecalis* - a systematic review. *J Appl Oral Sci*, 16, pp. 364–368.

Estrela, C. *et al.* (2011). Diagnostic and clinical factors associated with pulpal and periapical pain. *Brazilian Dental Journal*, 22(4), pp. 306–311.

European Society of Endodontology. (2006). Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *International Endodontic Journal*, 39(12), pp. 921–930.

Farge, P., Alderete, L. e Ramos, S.M. (2010). Dentin wetting by three adhesive systems: influence of etching time, temperature and relative humidity. *Journal of Dentistry*, 38(9), pp. 698–706.

Ferraz, C.C. *et al.* (2001). In vitro assessment of the antimicrobial action and the mechanical ability of chlorhexidine gel as an endodontic irrigant. *Journal of Endodontics*, 27(7), pp. 452–455.

Giardino, L. *et al.* (2006). Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. *Journal of Endodontics*, 32, pp. 1091–1093.

Giardino, L. *et al.* (2014). Antibacterial Power of Sodium Hypochlorite Combined with Surfactants and Acetic Acid. *Brazilian Dental Journal*, 25(4), pp. 289–294.

Goldberg, D.B. e Abramovich, A. (1977). Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. *Journal of Endodontics* 3(3), pp. 101–105.

Goldberg, F. e Spielberg, C. (1982). The effect of EDTAC and the variation of its working time analyzed with scanning electron microscopic study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 53, pp. 74–77.

Gomes, B.P. *et al.* (2001). In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *International Endodontic Journal*, 34(6), pp. 424–428.

Gomes, G.L.S., Souza, F.B. e Silva, C.H.V. (2010). Restaurações adesivas com resina composta: durabilidade da linha de união. *Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo*, 22(1), pp. 56–64.

Goode, N. *et al.* (2013). Wall shear stress effects of different endodontic irrigation techniques and systems. *Journal of Dentistry*, 41(7), pp. 636–641.

Görduysus, M. *et al.* (2015). Evaluation of the effects of two novel irrigants on intraradicular dentine erosion, debris and smear layer removal. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 40(3), pp. 216–222.

Gupta, P.K. *et al.* (2015). Comparative Evaluation of a New Endodontic Irrigant - Mixture of a Tetracycline Isomer, an Acid, and a Detergent to Remove the Intracanal Smear Layer: A Scanning Electron Microscopic Study. *Journal of International Oral Health*, 7(4), pp. 1–6.

Haapasalo, M. *et al.* (2010). Irrigation in endodontics. *Dental Clinics of North America*, 54(2), pp. 291–312.

Haapasalo, M. *et al.* (2014). Irrigation in endodontics. *Brazilian Dental Journal*, 216(6), pp. 299–303.

Haznedarođlu, F. e Ersev, H. (2001). Tetracycline HCl solution as a root canal irrigant. *Journal of Endodontics*, 27, pp. 738–740.

Hennequin, M., Pajot, J. e Avignant, D. (1994). Effects of different pH values of citric acid solutions on the calcium and phosphorus contents of human root dentin. *Journal of Endodontics*, 20, pp. 551–554.

Homayouni, H. *et al.* (2014). The Effect of Root Canal Irrigation with Combination of Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine Gluconate on the Sealing Ability of Obturation Materials. *Open Dent J*, 8, pp. 184–187.

Johnson, W.T. e Noblett, W.C. (2009). Cleaning and Shaping *In: Torabinejad, M. e Walton, R.E. (Ed.). Endodontics: Principles and Practice*. 4ª Edição, Philadelphia, Saunders.

Kandaswamy, D. e Venkateshbabu, N. (2010). Root canal irrigants. *J Conserv Dent*, 13(4), pp. 256–264.

Kandil, H.E. *et al.* (2014). Effect of different irrigant solutions on microhardness and smear layer removal of root canal dentin. *Tanta Dental Journal*, 11(1), pp. 1–11.

Kinney, J.H. *et al.* (2005). Age-related transparent root dentin: mineral concentration, crystallite size, and mechanical properties. *Biomaterials*, 26, pp. 3363–3376.

Kuga, M.C. *et al.* (2011). Penetration into dentin of sodium hypochlorite combined with acid solutions. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 112, pp. 155–159.

Lasala, A. (1992). *Endodoncia*. México, Editorial Salvat.

Lee, L.W., Lan, W.H. e Wang, G.Y. (1990). An evaluation of chlorhexidine as an endodontic irrigant. *J Formos Med Assoc*, 89, pp. 491–497.

Leonardo, M. (2005). *Tratamento de canais radiculares*. Brasil, Artes Médicas Editora.

Leonardo, M. R. e Leal, J. M. (1994). *Tratamiento de los conductos radiculares*. Buenos Aires. Panamericana.

Loel, D.A. (1975). Use of acid cleanser in endodontic therapy. *J Am Dent Assoc*, 90, pp. 148–151.

Lopes, H.P. e Siqueira Jr, J.F. (2010). *Endodontia: Biologia e técnica*. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan.

Lorenz, K. *et al.* (2015). Tooth staining potential of experimental amine fluoride/stannous fluoride mouth rinse formulations—a randomized crossover forced staining study. *Clinical Oral Investigations*, 19(5), pp. 1039–1045.

Lotfi, M. *et al.* (2012). Effect of MTAD as a final rinse on removal of smear layer in ten-minute preparation time. *Journal of Endodontics*, 38, pp. 1391–1394.

Love, R.M. (2001). Enterococcus faecalis: a mechanism for its role in endodontic failure. *International Endodontic Journal*, 34(5), pp. 399–405.

Mahendra, A. *et al.* (2014). Comparative evaluation of antimicrobial substantivity of different concentrations of chlorhexidine as a root canal irrigant: An in vitro study. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 4(3), pp. 181–185.

Marending, M. *et al.* (2007). Impact of Irrigant Sequence on Mechanical Properties of Human Root Dentin. *Journal of Endodontics*, 33(11), pp. 1325–1328.

Marshall Jr, G.W. (1993). Dentin: microstructure and characterization. *Quintessence Int*, 24(9), pp. 606–617.

Mitchell, R.P. *et al.* (2011). Apical extrusion of sodium hypochlorite using different root canal irrigation systems. *Journal of Endodontics*, 37, pp. 1677–1681.

Mohammadi, Z. *et al.* (2011). Residual antibacterial activity of a new modified sodium hypochlorite-based endodontic irrigation solution. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 16(4), pp. 588–592.

Mohammadi, Z. *et al.* (2012). Antimicrobial effect of three new and two established root canal irrigation solutions. *Gen Dent*, 60(6), pp. 534–537.

Mohammadi, Z. *et al.* (2015). Agonistic and Antagonistic Interactions between Chlorhexidine and Other Endodontic Agents: A Critical Review. *Iran Endod J*, 10(1), pp. 1–5.

Mohammadi, Z. e Abbott, P.V. (2009). The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *International Endodontic Journal*, 42(4), pp. 288–302.

Molander, A. *et al.* (1998). Microbiological status of root-filled teeth with apical periodontitis. *International Endodontic Journal*, 31(1), pp. 1–7.

Moon, Y.M. *et al.* (2010). Effect of final irrigation regimen on sealer penetration in curved root canals. *Journal of Endodontics*, 36, pp. 732–736.

Nanci, A. (2008) *Ten Cate's Oral Histology: Development, Structure, and Function*. St Louis, Elsevier Health Sciences.

Ng, Y., Mann, V. e Gulabivala, K. (2011). A prospective study of the factors affecting outcomes of non surgical root canal treatment: part 1: periapical health. *International Endodontic Journal*, 44(7), pp. 583–609.

Nygaard-Östby, B. (1957). Chelation in root canal therapy. *Odontol Tidskr*, 65, pp. 3–11.

O'Driscoll, C. *et al.* (2000). Effect of sodium hypochlorite depletion of dentine. *International Endodontic Journal*, 33, p. 143.

Onçağ, O. *et al.* (2003). Comparison of antibacterial and toxic effects of various root canal irrigants. *International Endodontic Journal*, 36(6), pp. 423–432.

Ørstavik, D. (1996). Time-course and risk analyses of the development and healing of chronic apical periodontitis in man. *International Endodontic Journal*, 29, pp. 150–155.

Ørstavik, D., Qvist, V. e Stoltze, K. (2004). A multivariate analysis of the outcome of endodontic treatment. *European Journal of Oral Sciences*, 112(3), pp. 224–230.

Ozdemir *et al.* (2012). Chemical and Ultramorphologic Effects of Ethylenediaminetetraacetic Acid and Sodium Hypochlorite in Young and Old Root Canal Dentin. *Journal of Endodontics*, 38(2), pp. 204–208.

Pai, S. e Thomas, M.S. (2011). The effect of QMix, an experimental antibacterial root canal irrigant, on removal of canal wall smear layer and debris. *Journal of Endodontics*, 37(6), pp. 741–743.

Palazzi, F. *et al.* (2011). Comparison of the surface tension of 5.25% sodium hypochlorite solution with three new sodium hypochlorite-based endodontic irrigants. *International Endodontic Journal*, 45(2), pp. 129–135.

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.

Panighi, M. e G'Sell, C. (1992). Influence of calcium concentration on the dentine wettability by an adhesive. *J Biomed Mater Res*, 26, pp. 1081–1089.

Paragliola, R., Franco, V. e Fabiani, C. (2010). Final Rinse Optimization: Influence of Different Agitation Protocols. *Journal of Endodontics*, 36(2), pp. 282–285.

Pascon, F. *et al.* (2009). Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. *Journal of Dentistry*, 37(12), pp. 903–908.

Pashley, D.H. (1989). Dentine: a dynamic substrate—a review. *Scanning Microsc*, 3, pp. 161–176.

Pashley, D., Okabe, A. e Parham, P. (1985). The relationship between dentin microhardness and tubule density. *Endod Dent Traumatol*, 1, pp. 176–179.

Pasricha, S.K. *et al.* (2015). Pressure Alteration Techniques in Endodontics- A Review of Literature. *J Clin Diagn Res*, 9(3), pp. 1–6.

Patterson, S.S. (1963). In vivo and in vitro studies of the effect of the disodium salt of ethylenediamine tetra-acetate on human dentine and its endodontic implications. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 16(1), pp. 83–103.

Perdigão, J. *et al.* (2000). Effect of a sodium hypochlorite gel on dentin bonding. *Dental Materials*, 16, pp. 311–323.

Perdigão, J. *et al.* (2001). Effect of calcium removal on dentin bond strengths. *Quintessence Int*, 32, pp. 142–146.

Poggio, C. *et al.* (2015). Decalcifying capability of irrigating solutions on root canal dentin mineral content. *Contemporary Clinical Dentistry*, 6(2), pp. 201–205.

Rahimi, S. *et al.* (2014). A Review of Antibacterial Agents in Endodontic Treatment. *Iran Endod J*, 9(3), pp. 161–168.

Ramamoorthi, S. *et al.* (2015). Comparative evaluation of postoperative pain after using endodontic needle and EndoActivator during root canal irrigation: A randomised controlled trial. *Aust Endod J*, 41(2), pp. 78–87.

Ramos, S.M., Alderete, L. e Farge, P. (2009). Dentinal tubules driven wetting of dentin: Cassie-Baxter modelling. *Eur Phys J E Soft Matter*, 30(2), pp. 187–195.

Ravikumar, J. *et al.* (2014). The effect of four different irrigating solutions on the shear bond strength of endodontic sealer to dentin – An In-vitro study. *J Int Oral Health*, 6(1), pp. 85–88.

Saber, S.D. e Hashem, A.A. (2011). Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. *Journal of Endodontics*, 37(9), pp. 1272–1275.

Saito, J. (1991) Study on the method of hardness test and the distribution of micro vickers hardness of human teeth. *Dental Materials*, 10(2), pp. 241–265.

Salama, F.S. e Abdelmegid, F.Y. (1994). Six percent citric acid better than hydrogen peroxide in removing smear layer: an in vitro pilot study. *Pediatr Dent*, 16, pp. 424–426.

Saleh, A.A. e Ettman, W.M. (1999). Effect of endodontic irrigation solutions on microhardness of root canal dentin. *Journal of Dentistry*, 27(1), pp. 43–46.

Sayin, T.C. *et al.* (2007). Calcium loss from root canal dentin following EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCl treatment with or without subsequent NaOCl irrigation. *Journal of Endodontics*, 33, pp. 581–584.

Schilder, H. (1974). Cleaning and shaping the root canal. *Dental Clinic of North America*, 18(2), pp. 269–296.

Seaman, H. e Shannon, I.L. (1979). Fluoride treatment and microhardness of dentine. *J Prosthet Dent*, 41, pp. 528–530.

Sen, B.H., Wesselink, P.R. e Türkün, M. (1995). The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *International Endodontic Journal*, 28(3), pp. 141–148.

Serra, N.T. *et al.* (2006). In vitro antimicrobial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine against selected single-species biofilms. *International Endodontic Journal*, 39(1), pp. 878–885.

Shabahang, S., Aslanyan, J. e Torabinejad, M. (2008). The substitution of chlorhexidine for doxycycline in MTAD: the antibacterial efficacy against a strain of *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics*, 34, pp. 288–290.

Shuping, G.B. *et al.* (2000). Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. *Journal of Endodontics*, 26(12), pp. 751–755.

Sim, T., Knowles, J. e Shelton, J. (2001). Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *International Endodontic Journal*, 34(2), pp. 120–132.

Simbula, G. *et al.* (2010). Comparison of tetraacetylenediamine + sodium perborate and sodium hypochlorite cytotoxicity on L929 fibroblasts. *Journal of Endodontics*, 36, pp. 1516–1520.

Singla, M.G. *et al.* (2011). MTAD in endodontics: an update review *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 112(3), pp. 70–76.

Sirtes, G., Waltimo, T. e Schaetzle, M. (2005). The effects of temperature on sodium hypochlorite shortterm stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *Journal of Endodontics*, 31(9), pp. 669–671.

Sjögren, U. *et al.* (1991). The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short-term intracanal dressing. *International Endodontic Journal*, 24, pp. 119–125.

Slutzky-Goldberg, I. *et al.* (2004). Effect of sodium hypochlorite on dentin microhardness. *Journal of Endodontics*, 30(12), pp. 880–882.

Slutzky-Goldberg, I. *et al.* (2013). The Effect of Dentin on the Pulp Tissue Dissolution Capacity of Sodium Hypochlorite and Calcium Hydroxide. *Journal of Endodontics*, 39(8), pp. 980–983.

Slutzky-Goldberg, I., Liberman, R. e Heling, I. (2002). The effect of instrumentation with two different file types, each with 2.5% NaOCl irrigation on the microhardness of root dentin. *Journal of Endodontics*, 28, pp. 311–312.

Soares, I. e Goldberg, F. (2002). *Endodoncia: Técnica y fundamentos*. Buenos Aires, Médica Panamericana.

Spangberg, L.S.W. (1998). Instruments, materials, and devices. *In: Cohen, S. Burns, RC. (Ed.). Pathways of the pulp*. St Louis, Mosby, p. 507.

Stojicic, S. *et al.* (2010). Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *Journal of Endodontics*, 36(9), pp. 1558–1562.

Stojicic, S. *et al.* (2012). Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX. *International Endodontic Journal*, 45, pp. 363–371.

Stuart, C. *et al.* (2006). Enterococcus faecalis: its role in root canal treatment failure and current concepts in treatment. *Journal of Endodontics*, 32(2), pp. 93–98.

Tartari *et al.* (2013). A new weak chelator in endodontics: effects of different irrigation regimens with etidronate on root dentin microhardness. *International Journal of Dentistry*, 2013, pp. 1–6.

Tay, F.R. *et al.* (2010). Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *Journal of Endodontics*, 36(4), pp. 745–750.

Teixeira, C.S., Felipe, M.C. e Felipe, W.T. (2005). The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *International Endodontic Journal*, 38(5), pp. 285–290.

Thomas, A.R. *et al.* (2014). Comparative Evaluation of Canal Isthmus Debridement Efficacy of Modified EndoVac Technique with Different Irrigation Systems. *Journal of Endodontics*, 40(10), pp. 1676–1680.

Torabinejad, M. *et al.* (2003). A new solution for the removal of the smear layer. *Journal of Endodontics*, 29(3), pp. 170–175.

Torabinejad, M. e Walton, R.E. (2009). *Endodontics: Principles and Practice*. 4ª Edição, Philadelphia, Saunders.

Trope, M. e Bergenholtz, G. (2002). Microbiological basis for endodontic treatment: can a maximal outcome be achieved in one visit?. *Endodontic Topics*, 1, pp. 40–53.

Trowbridge, H.O. e Kim, S. (1998). Pulp development, structure, and function. *In*: Cohen, S. Burns, RC. (Ed.). *Pathways of the pulp*. St Louis, Mosby, pp. 391–393.

Tucel, B. *et al.* (2015). Effect of endodontic chelating solutions on the bond strength of endodontic sealers. *Brazilian Oral Research*, 29(1), pp. 1–6.

Tuncer, A.K. (2015). Effect of QMix 2in1 on Sealer Penetration into the Dentinal Tubules. *Journal of Endodontics*, 41(2), pp. 257–260.

Tuncer, A.K. e Tuncer, S. (2012). Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. *Journal of Endodontics*, 38(6), pp. 860–863.

Tunga, U. *et al.* (2011). Effect of F-File on removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *Aust Endod J*, 37, pp. 65–69.

Uzunoglu, E. *et al.* (2015). A comparison of different irrigation systems and gravitational effect on final extrusion of the irrigant. *J Clin Exp Dent*, 7(2), pp. 218–223.

Van der Sluis, L.W.M. *et al.* (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International Endodontic Journal*, 40, pp. 415–426.

Valera, M. *et al.* (2015). Comparison of Different Irrigants in the Removal of Endotoxins and Cultivable Microorganisms from Infected Root Canals. *The Scientific World Journal*, 2015, 125636.

Vasiliadis, L., Darling, A.I. e Levers, B.G. (1983). The histology of sclerotic human root dentine. *Arch Oral Biol*, 28, pp. 693–700.

Vianna, M.E. *et al.* (2004). In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 97(1), pp. 79–84.

Wagnild, G.W. e Mueller, K.I. (1998). Restoration of the endodontically treated tooth. *In*: Cohen, S. Burns, RC. (Ed.). *Pathway of the pulp*, 7ª Edição. Missouri, Mosby, pp. 691–717.

Wang, Z., Shen, Y. e Haapasalo, M. (2012). Effectiveness of endodontic disinfecting solutions against young and old *Enterococcus faecalis* biofilms in dentin canals. *Journal of Endodontics*, 38(10), pp. 1376–1379.

Wayman, B.E. *et al.* (1979). Citric and lactic acids as root canal irrigants in vitro. *Journal of Endodontics*, 5(9), pp. 258–265.

Weine, F. S. (1997). *Tratamiento endodôntico*. Madrid, Harcourt Brace.

Weller, R.N. *et al.* (1980). Efficacy of ultrasonic cleaning. *Journal of Endodontics*, 6(9), pp. 740–743.

White, J.D. *et al.* (2002). The effect of three commonly used endodontic materials on the strength of root canal dentin. *Journal of Endodontics*, 28, pp. 828–830.

Wong, D.T. e Cheung, G.S. (2014). Extension of bactericidal effect of sodium hypochlorite into dentinal tubules. *Journal of Endodontics*, 40, pp. 825–829.

Yassen, G.H. *et al.* (2015). Effect of Different Endodontic Regeneration Protocols on Wettability, Roughness, and Chemical Composition of Surface Dentin. *Journal of Endodontics*, 41(6), pp. 956–960.

Yousuf, W., Khan, M., e Mehdi, H. (2015). Endodontic Procedural Errors: Frequency, Type of Error, and the Most Frequently Treated Tooth. *International Journal of Dentistry*, 2015, 673914.

Zamani, A.K., Safavi, K. e Spångberg, L.S. (2003). The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 96(5), pp. 578–581.

Zehnder, M. (2006). Root canal irrigants. *Journal of Endodontics*, 32(5), pp. 389–398.

Zehnder, M. *et al.* (2005). Chelation in root canal therapy reconsidered. *Journal of Endodontics*, 32, pp. 817–820.

Zhang, R. *et al.* (2015). Antibacterial and residual antimicrobial activities against *Enterococcus faecalis* biofilm: A comparison between EDTA, chlorhexidine, cetrimide, MTAD and QMix. *Sci. Rep.* 5, 12944.

Zhang, W. *et al.* (2003). Evaluation of cytotoxicity of MTAD using the MTT-tetrazolium method. *Journal of Endodontics*, 29(10), pp. 654–657.

Zhang, K. e Tay, F. (2010). The effect of initial irrigation with two different sodium hypochlorite concentrations on the erosion of instrumented radicular dentin. *Dental materials*, *Dental Materials*, 26(6), pp. 514–523.

Zou, L. *et al.* (2010). Penetration of sodium hypochlorite into dentin. *Journal of Endodontics*, 36(5), pp. 793–796.