

Eduardo Gonçalves

Efeito das soluções quelantes na microdureza da dentina radicular, no tratamento endodôntico não cirúrgico. Revisão narrativa

Universidade Fernando Pessoa - Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2023

Eduardo Gonçalves

Efeito das soluções quelantes na microdureza da dentina radicular, no tratamento endodôntico não cirúrgico. Revisão narrativa

Universidade Fernando Pessoa – Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2023

Eduardo Gonçalves

Efeito das soluções quelantes na microdureza da dentina radicular, durante o tratamento endodôntico não cirúrgico. Revisão narrativa

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

Resumo

A remoção de microrganismos é o passo fulcral do tratamento endodôntico não cirúrgico. Numa necrose, existe uma colonização de biofilmes bacterianos que, associados à complexidade anatômica e invasão dos túbulos dentinários, tornam o processo de desinfecção desafiante.

A smear-layer é constituída por matéria orgânica e matéria inorgânica, formada por partículas menores, compactadas no interior dos túbulos dentinários, protegendo as bactérias previamente instaladas. A utilização de agentes quelantes juntamente com hipoclorito de sódio, é descrito como eficaz na remoção da smear-layer, contudo, a sua utilização pode levar à diminuição da resistência radicular.

Este trabalho tem como objetivo responder à questão: como potenciar a utilização dos agentes quelantes, sem comprometer a integridade radicular?

A realização deste trabalho envolveu uma pesquisa nas plataformas Pubmed e ScienceDirect utilizando palavras-chave selecionando artigos elaborados nos últimos cinco anos escritos em língua inglesa ou portuguesa.

Palavras-chave: Microdureza, irrigação, dentina radicular, smear-layer, ácido maleico, ácido etilenodiamina tetraacético.

Abstract

The removal of microorganisms from the root canal system is the crucial step in the non-surgical endodontic treatment. Amidst the presence of pulp necrosis, we can observe a colonization of bacterial biofilm, that in association with the anatomic complexity and the consequent invasion of the dentinal tubules, make the disinfection process particularly difficult.

The smear-layer is composed of two different layers: a superficial one made by organic matter, and a deep one made by smaller particles, compacted in the interior of the dentinal tubules, making their removal a hard task. This compression reduces the dentinal permeability, protecting the bacteria who were previously installed there. The using of chelating agents in combination with sodium hypochlorite during the mechanic preparation of the root canal has been described as effective in the removal of the smear-layer in the cannal walls; however, it's inadequate use can cause intra-radicular dentinal erosion and consequently the reduction of radicular resistance.

This work has the objective of answering the question: How to potentiate the usage of essential chelating agents in the removal of the smear-layer, without compromising the radicular integrity?

Keywords: Microhardness, Irrigation, Root dentine, Smear-Layer, Maleic acid, Ethylenediaminetetraacetic acid.

Agradecimentos

Até este momento, que marca o culminar de cinco anos de trabalho árduo, o caminho percorrido desde a minha entrada no curso de Medicina Dentária foi longo. Não poderia deixar de expressar a minha gratidão para com as pessoas que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Em primeiro lugar quero prestar o meu reconhecimento à professora Márcia Cascão, minha orientadora durante este percurso, pela enorme disponibilidade que demonstrou ao longo destes meses e por toda a ajuda e conselhos dados para a melhor elaboração deste trabalho, que constitui o último passo para a conclusão do mestrado em medicina dentária.

À Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa, seus docentes e funcionários, que desde 2018 quando ingressei no mestrado de medicina dentária, me acompanharam neste meu percurso académico e contribuíram para me tornar na pessoa que hoje sou.

À minha mãe e ao meu pai por todo o apoio e incentivo que me deram ao longo destes cinco longos anos. Sem vocês nunca teria chegado ao fim da meta e alcançar o meu sonho. Obrigado por sempre acreditarem em mim.

Ao meu irmão Lucas por todos os momentos que partilhamos nesta nossa nova etapa, estarei eternamente grato por todas as vezes que me ajudaste a passar pelos meus momentos menos bons.

À minha madrinha Daniela que, mesmo estando longe, sempre me apoiou nesta caminhada e me incentivou a nunca desistir deste meu grande sonho. Um beijinho grande.

Ao meu colega, binómio e enorme amigo, Bruno Leal Duarte Barbosa por todas as aventuras e momentos que passamos juntos. Obrigado por toda a tua ajuda e apoio. Conhecer-te foi sem dúvida uma das melhores coisas que me aconteceram durante esta minha nova etapa.

Índice

I. Introdução	1
1. MATERIAIS E MÉTODOS	2
II. Desenvolvimento.....	3
1. COMPOSIÇÃO DA ESTRUTURA DENTINÁRIA	3
2. PROTOCOLO DE IRRIGAÇÃO.....	3
2.1. Hipoclorito de sódio	4
2.2. Clorhexidina	6
2.3. Agentes quelantes	7
___2.3.1 Ácido etilenodiamina tetraacético	8
___2.3.2 Ácido cítrico	9
___2.3.3 Ácido peracético	10
___2.3.4 Ácido maleico.....	11
3. ATUAÇÃO DOS AGENTES QUELANTES NA ESTRUTURA DENTINÁRIA.....	12
4. CONSEQUÊNCIAS CLÍNICAS DA AÇÃO DESMINERALIZANTE DOS AGENTES QUELANTES.....	13
III. Discussão	16
IV. Conclusão	21
V. Referências bibliográficas.....	22

I. Introdução

A endodontia é a área da medicina dentária responsável pelo diagnóstico e tratamento de patologias pulpares e que tem como objetivos principais a remoção total dos microrganismos, tecido necrótico e detritos de dentina radicular contaminada do espaço da câmara pulpar e do sistema de canais de modo a garantir a sua desinfecção e evitar uma possível recontaminação. (Shekhar, et.al., 2023).

De modo a que se obtenha o melhor resultado no final do tratamento endodôntico, o processo de irrigação desempenha um papel fundamental ao permitir a desinfecção do sistema de canais permitindo atingir áreas de difícil acesso ou desimpedir estruturas que estejam obliteradas. É, portanto, do maior interesse que os praticantes de medicina dentária estejam a par dos benefícios e potenciais inconvenientes do uso dos diferentes irrigantes utilizados em endodontia (Wang et al., 2018).

Durante o tratamento endodôntico não cirúrgico, a irrigação revela ser a etapa fundamental para alcançar o sucesso do tratamento. Muitos estudos foram e têm sido realizados de modo a tentar estabelecer a melhor combinação de agentes para que se consiga uma desinfecção canalar de forma previsível e eficaz. Dentro destes agentes, o hipoclorito de sódio tem sido descrito como o irrigante de eleição para o uso como antimicrobiano e remoção de tecido orgânico contaminado, porém este não possui capacidade de remover tecido inorgânico mineralizado, falhando no acesso a bactérias instaladas nos túbulos dentinários, cobertas por uma camada amorfa de tecido mineralizado combinado com matéria orgânica – a smear-layer e sua eliminação. O uso de agentes capazes de remover eficazmente a smear-layer em combinação com um agente antimicrobiano como o hipoclorito de sódio, é imprescindível para a obtenção de uma correta desinfecção canalar no final do tratamento e a longo prazo. A esses agentes damos o nome de agentes quelantes (Ulusoy et al., 2020).

Contudo, a ação quelante destes irrigantes pode ter efeitos indesejáveis na microestrutura dentinária se usados durante demasiado tempo e/ou em concentrações elevadas. Uma redução na microdureza da dentina pode levar a futuras complicações na estabilidade estrutural da raiz, o que se poderá traduzir num eventual fracasso no tratamento endodôntico ou até mesmo na perda da peça dentária, por fratura (Gandolfi et al., 2018).

A elaboração deste trabalho surge do interesse em perceber a importância e necessidade da utilização de agentes quelantes no decorrer de um tratamento endodôntico não cirúrgico assim como em qual fase do mesmo se devem utilizar, de forma a potencializar o seu efeito sem prejudicar a estrutura dentinária. Este trabalho tem como objetivo estudar e avaliar, com a realização de uma revisão narrativa, a composição dentinária das paredes radiculares e o modo como esta reage na presença dos diferentes irrigantes utilizados durante o protocolo de irrigação de um tratamento endodôntico não cirúrgico, interpretando os impactos que os mesmos têm na sua estrutura e as consequências que poderá ter no final do tratamento, quer imediato quer o seu impacto a longo prazo. Para este estudo em concreto, foram analisados os irrigantes mais comuns a serem utilizados ao longo do procedimento endodôntico, sendo eles o hipoclorito de sódio, a Clorohexidina, o ácido etilenodiamina tetraacético e o ácido cítrico; acrescentando também a análise de outros dois agentes quelantes menos frequentemente usados na prática clínica atual: o ácido maleico e o ácido peracético.

1. Materiais e Métodos

Para a realização deste trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas plataformas Pubmed e ScienceDirect, de modo a realizar a recolha de artigos científicos para a elaboração do presente estudo tendo sido utilizadas como palavras-chave: *Microhardness, irrigation, radicular dentin, smear-layer, maleic acid, ethylenediamine tetraacetic acid*. Como critérios de inclusão na pesquisa bibliográfica foram selecionados artigos que cumpriam os seguintes parâmetros: artigos publicados em revistas indexadas, utilizando como termos de pesquisa as palavras-chave anteriormente mencionadas; adoção de uma escala temporal de modo a seleccionar artigos realizados entre o presente ano e o ano 2017; escritos em língua inglesa e/ou portuguesa. Os artigos ultimamente seleccionados foram considerados relevantes após leitura do título, resumo e introdução e respetiva conclusão. Foram analisados artigos de tipologia científica de revisão narrativa, revisão sistemática, meta-análises, estudos clínicos e casos clínicos. Como critérios de exclusão utilizados na seleção de artigos elegíveis para a realização do trabalho, foram excluídos artigos que se desviavam da temática a ser estudada, artigos escritos em idioma que não o inglês ou o português, artigos cuja publicação data de um período anterior a 2017, assim como trabalhos que apresentavam materiais e métodos pouco objetivos e científicos. Feita a seleção final de artigos, resultou na escolha de 37 artigos tendo sido utilizados 33 artigos para o desenvolvimento deste estudo.

II. Desenvolvimento

1. Composição da estrutura dentinária

A dentina é um tecido vital, hidratado e mineralizado que compõe a maioria da estrutura do dente. É formada na sua maioria por cristais de hidroxiapatita e fibras de colagénio tipo I (bem como quantidades menores de colagénio tipo III e IV, proteoglicanos e proteínas não colagenosas). Existem essencialmente três tipos de dentina: dentina primária, mais coronal e com menor quantidade e dimensão de túbulos dentinários; dentina secundária, mais próxima da polpa e com maior densidade de túbulos dentinários; e dentina terciária, sendo esta um exemplo de tecido reativo ou reparador que surge como mecanismo de proteção contra estímulos nocivos para o complexo pulpar (Jakiel et al., 2017).

A estrutura dentinária é formada por uma camada basal de odontoblastos, células responsáveis pela contínua produção dos componentes da dentina ao longo da vida; uma matriz mineralizada que, à medida que os odontoblastos continuam a sua produção de nova dentina, vai-se deslocando para camadas mais coronais. Os odontoblastos são células localizadas na junção da polpa com a estrutura mineral dentária que comunicam com o resto do dente através de túbulos dentinários (Chen et al., 2023).

Na dentina radicular existem particularidades na estrutura dentinária que levam a ter cuidados na sua preservação durante um tratamento endodôntico. À luz dos conhecimentos atuais, uma das grandes dificuldades para se garantir o sucesso do tratamento endodôntico não cirúrgico é assegurar que todas as bactérias presentes no sistema de canais sejam eliminadas; contudo, durante a preparação mecânica com o uso de limas, é eliminada a superfície interna da parede do canal radicular o que leva à formação da smear-layer e consequente obliteração dos túbulos dentinários que se provaram ser tanto ou mais numerosos nesta região do dente em comparação com a dentina coronal porém, possuem um diâmetro bastante inferior (características que tornam o selamento de bactérias um risco mensurável de reinfeções após o final do tratamento endodôntico não cirúrgico) (Wang et al., 2018).

2. Protocolo de Irrigação

No processo de desinfecção canalar o uso de soluções irrigantes tem como objetivo a dissolução química de tecidos orgânicos (tecido pulpar necrosado, microrganismos e seus produtos de metabolização) e inorgânicos (detritos de dentina, smear-layer), necrosados ou contaminados,

e a sua separação das paredes do canal radicular. A remoção destes componentes é imprescindível visto que a instrumentação mecânica, que é realizada em simultâneo com a irrigação canalar de modo a aumentar a conicidade e calibre apical, não consegue alcançar regiões anatómicas de difícil acesso, tais como: canais laterais, istmos e túbulos dentinários. (Pereira et al. 2020).

A irrigação com recurso a um agente antimicrobiano (normalmente hipoclorito de sódio, clorhexidina ou ácido peracético) é realizada entre limas de modo a auxiliar na remoção de tecido pulpar necrosado remanescente e evitar a formação de bloqueios no sistema de canais evitando por sua vez desvios e/ou degraus ao longo da instrumentação mecânica (Yen et al., 2023).

A combinação da dosagem de hipoclorito de sódio e ácido etilenodiamina tetraacético é aquela que tem sido descrita como mais eficaz e é utilizada atualmente pela maioria dos clínicos como um protocolo final de irrigação no final da instrumentação dos canais de modo a permitir a remoção da smear-layer formada durante o procedimento de instrumentação (Elbahary et al., 2020).

No final da instrumentação mecânica, depois de se avaliar a calibragem apical e antes de se avançar para a fase de obturação, é realizado o protocolo final de irrigação que tem como objetivo assegurar a limpeza e remoção de agentes microbianos que possam ter permanecido no sistema de canais durante o tratamento. Este protocolo consiste na aplicação de três soluções: 1º ácido etilenodiamina tetraacético – agente quelante que vai ter como objetivo a dissolução de tecido mineralizado da smear-layer e expor as porção orgânica possivelmente contaminada da dentina; 2º Hipoclorito de sódio – agente antimicrobiano que vai ter a função de eliminar eventuais restos microbianos expostos pela ação prévia do ácido etilenodiamina tetraacético; 3º Álcool etílico a 90% – agente que serve para cancelar o efeito das soluções introduzidas anteriormente e para reduzir a tensão superficial das paredes internas dos canais radiculares (Li et al., 2020).

2.1. Hipoclorito de Sódio

O hipoclorito de sódio tem sido descrito como o irrigante de eleição a ser usado ao longo do tratamento endodôntico não cirúrgico devido à sua excelente capacidade de dissolução de conteúdo orgânico do sistema de canais radiculares e à sua excelente capacidade

antimicrobiana, sem acarretar riscos na prática clínica, desde que seja utilizado de forma adequada cumprindo normas de segurança. (Krah-Sinan et al., 2020).

Por outro lado, também lhe são apontadas algumas desvantagens das quais se destacam, a particularidade de ser um agente altamente citotóxico o que pode levar a complicações em casos de extravasamento para a região dos tecidos periapicais, causando irritação ou até a destruição dos mesmos. Também se revelou a possibilidade de, em concentrações mais elevadas e/ou em tempos de ação sem interrupções superiores a 1 minuto e 30 segundos, conseguir afetar a estrutura mineralizada das paredes do canal radicular o que se poderá traduzir num enfraquecimento da estrutura e microestrutura da dentina radicular o que por sua vez leva à diminuição da resistência à fratura e elasticidade do dente no final do tratamento (Xu et al., 2022).

Ainda não existe consenso relativamente a quais concentrações de hipoclorito de sódio se devem utilizar, porém, tem se vindo a demonstrar a tendência de utilizar concentrações mais elevadas de hipoclorito de sódio de modo a usufruir de uma maior eficiência na desinfecção e remoção de tecido necrótico. Não obstante, revelou-se que elevadas concentrações de hipoclorito de sódio tornam-no mais suscetível a potenciar os seus efeitos menos desejáveis. Deste modo é desaconselhado o seu uso com concentrações acima de 5,25%, uma vez que a desmineralização causada por estas soluções pode resultar em efeitos irreversíveis que comprometem a resistência e elasticidade dos tecidos dentários quando sujeitos a forças de tensão/compressão mastigatória (Xu et al., 2022).

A capacidade de dissolução química do hipoclorito de sódio pode ser influenciada por alguns parâmetros, tais como: a sua concentração (quanto mais elevada, maior a sua eficácia, em soluções com valores de concentração entre 2,5% - 9,8%), área de contacto entre superfície e irrigante (quantas mais superfícies estiverem em contacto direto com a solução, melhor a dissolução), tempo de exposição (soluções com concentração de 2,5% precisaram de três vezes mais tempo para obter os resultados de soluções de 9,8%), volume, pH, e modo de aplicação/difusão (Krah-Sinan et al., 2020).

De forma a procurar ultrapassar as limitações durante o processo de irrigação com seringa convencional, técnicas de ativação de soluções com auxílio de equipamentos específicos têm sido introduzidas na prática clínica. Das novas técnicas de irrigação, destacam-se a irrigação de pressão negativa, irrigação ultrassônica passiva, irrigação sônica, e irrigação dinâmica

manualmente ativada. Num estudo de revisão sistemática realizado por Kumar et al. (2022), chegou-se à conclusão de que a irrigação intracanal com hipoclorito de sódio em conjunto com técnicas de ativação de solução, demonstrou ser mais eficaz ao permitir uma melhor penetração do irrigante para canais laterais em comparação com os valores dos resultados obtidos para os grupos onde a irrigação foi realizada com uma seringa convencional. Concluiu-se também que, contrariamente à irrigação com seringa convencional, a solução ativada não produz tanto “vapor lock” (formação de bolhas devido à dissolução orgânica de tecidos por parte do hipoclorito de sódio) que por sua vez pode levar a uma maior disponibilidade de solução até uma distância de 2mm abaixo da ponta da agulha. Com o uso destas técnicas a irrigação deixa de estar restringida ao comprimento da agulha, algo que acontece na irrigação convencional (Kumar et al., 2022).

Tartari et al. (2021) procurou estudar a relação entre o aumento de temperatura de uma solução de hipoclorito de sódio, isolada ou misturada com agentes quelantes (ácido etilenodiamina tetraacético (ácido etilenodiamina tetraacético tetrassódico e ácido etidrónico), e o impacto no seu efeito antimicrobiano e de dissolução, tendo chegado à conclusão de que o aumento de temperatura provoca uma maior agitação das partículas de uma solução, potenciando a capacidade de dissolução de tecidos e propriedades antibacterianas, bem como ajudar numa melhor penetração da solução nas áreas anatómicas complexas o que leva a uma melhor desinfecção do sistema de canais radiculares. Os resultados deste estudo apontam para uma correlação entre um aprimoramento da performance da solução de hipoclorito de sódio isolada ou misturada com ácido etidrónico quando aplicada a uma temperatura de 37°C, com a desvantagem de terem de ser reaplicadas várias vezes devido à velocidade com que perde a capacidade solvente do hipoclorito de sódio. A esta temperatura, verificou-se que as soluções removem detritos orgânicos com maior eficiência e a temperaturas mais elevadas eram também capazes de desnaturar parte das proteínas presentes na smear-layer. A mistura de hipoclorito de sódio com ácido etilenodiamina tetraacético tetrassódico revelou ser inapropriada pois o aquecimento da solução inibe as propriedades de dissolução do hipoclorito de sódio (Tartari et al., 2021).

2.2. Clorohexidina

A Clorohexidina a 2% é um agente antimicrobiano que é descrito na literatura atual como alternativa ao uso de hipoclorito de sódio, uma vez que possui uma capacidade antimicrobiana de amplo espectro o que a torna um irrigante bastante competente na eliminação do foco

infecioso. Este agente, contrariamente ao hipoclorito de sódio, apresenta uma baixa citotoxicidade o que a torna mais previsível na ocorrência de danos e irritabilidade nos tecidos periapicais subjacentes. Apresenta também a particularidade de em concentrações elevadas atuar como um agente bactericida, enquanto que em concentrações mais baixas atua como agente bacteriostático (Ruksakiet et al., 2020).

O que torna a clorohexidina tão apelativa no uso como irrigante principal durante um tratamento endodôntico não cirúrgico é a característica que esta solução tem em conseguir ser absorvida por estruturas dentárias e restaurativas, sendo depois libertada gradualmente até mesmo depois do término do tratamento mantendo assim uma ação antimicrobiana duradoura. A este fenómeno chamamos de substantividade e crê-se que seja uma vantagem da clorohexidina no uso como irrigante ou como medicação intracanal (Neelakantan et al., 2019).

No entanto, e contrariamente ao hipoclorito de sódio, a clorohexidina não possui uma capacidade de dissolução de tecido orgânico o que durante a realização de tratamento endodôntico não cirúrgico tem-se revelado ser a propriedade de maior relevo para o sucesso do mesmo (Ruksakiet et al., 2020)

A clorohexidina possui dois modos de irrigação possíveis: irrigado como solução aquosa, ou como gel. Ambas as formas são eficazes, porém a utilização em gel pode-se tornar particularmente útil uma vez que permite uma lubrificação acentuada do canal, evitando o stress mecânico dos instrumentos contra as paredes do canal, evitando a fratura dos mesmos (Tartari et al., 2018).

2.3. Agentes Quelantes

Os agentes quelantes são soluções usadas em endodontia no decorrer ou no final da preparação químico-mecânica do sistema de canais radiculares que surgiram face à limitação que os agentes antimicrobianos manifestaram na remoção da componente inorgânica da smear-layer (Ulusoy et al., 2020).

A remoção da smear-layer melhora as condições para se obter um bom selamento hermético permitindo uma melhor eliminação bacteriana ao facilitar o acesso dos irrigantes ao interior dos túbulos dentinários que estavam obliterados; e ajuda na melhor dispersão de medicação

intracanal e material de obturação para os túbulos dentinários ajudando na adesão do material às paredes do sistema de canais radiculares. (Giardino et al., 2020).

Contudo, também se prevê que estas soluções tenham uma ação desmineralizante com impacto indesejado na estrutura dentinária, afetando a superfície rugosa e a proporção cálcio-fósforo da dentina, diminuição da microdureza e alterações na permeabilidade do tecido dentinário. Como resultado destes problemas, a estrutura física e química do dente pode ficar fragilizada afetando a sua durabilidade, resistência e propriedades adesivas (Alyahya et al., 2022).

O ácido etilenodiamina tetraacético e o ácido cítrico têm sido descritas como as soluções quelantes mais frequentemente usadas durante um tratamento endodôntico de maneira a se conseguir remover a porção inorgânica contaminada do interior do sistema de canais, contudo, possuem uma ação desmineralizante ao se combinarem com os íons de cálcio presentes na estrutura dentinária que em determinadas circunstâncias podem levar a danos irreversíveis na integridade estrutural do dente (Gandolfi et al., 2019).

2.3.1 Ácido etilenodiamina tetraacético

O Ácido etilenodiamina tetraacético tem sido apontado como o agente quelante de primeira escolha a ser utilizado durante um tratamento endodôntico não cirúrgico devido à sua capacidade de remover a smear-layer e outros componentes inorgânicos de forma fiável e eficiente sobretudo nos terços coronais e médios dos canais radiculares (Gandolfi et al., 2019).

O ácido etilenodiamina tetraacético é normalmente utilizado como um irrigante final no protocolo de desinfecção canal, tendo-se debatido sobre qual a melhor sequência de irrigação de modo a obter os melhores resultados do ponto de vista antimicrobiano bem como minimizar os potenciais riscos de desmineralização acentuada da dentina radicular. Unnikrishnan et al. (2023) verificou, após a realização de um estudo, que o ácido etilenodiamina tetraacético utilizado como irrigante final após a instrumentação mecânica do sistema de canais proporcionou uma ajuda na desinfecção canal ao permitir uma maior penetração das soluções químicas e a obter um melhor contacto dos materiais obturadores com a dentina da parede radicular (Unnikrishnan et al., 2023).

Giardino et al. (2020) procurou fazer uma avaliação das propriedades de biocompatibilidade e antibacterianas presentes no ácido etilenodiamina tetraacético . Verificou-se que a única manifestação antibacteriana associada ao ácido etilenodiamina tetraacético é a capacidade de

este conseguir enfraquecer a parede celular das bactérias sem as conseguir matar, facilitando a desagregação do biofilme. Relativamente à biocompatibilidade, concluiu que a extrusão de ácido etilenodiamina tetraacético mesmo em baixas concentrações para os tecidos periapicais pode provocar a descalcificação irreversível do osso alveolar e levar a complicações no mecanismo de regulação neuro-imunológica (Giardino et al., 2020).

Comprovou-se também que soluções de ácido etilenodiamina tetraacético de maior concentração (nomeadamente 17% e até 10%) demonstraram um grau de desmineralização bastante elevado e uma consequente remodelação de fibras de colagénio superior. Estes efeitos podem alterar o sucesso da terapia endodôntica ao comprometer a estabilidade da estrutura dentinária e pôr em risco a longevidade do dente (Gandolfi et al., 2019).

De modo a tentar estabelecer os parâmetros ideais que uma solução de ácido etilenodiamina tetraacético deve apresentar de modo a conseguir potenciar o seu efeito e ao mesmo tempo evitar a ocorrência de desmineralização dentinária excessiva, conclui-se que uma solução de ácido etilenodiamina tetraacético a 17% pode ser utilizada de forma ideal durante 120 a 180 segundos em quantidades de 1 a 5 mililitros (após estes limites, a solução manifesta uma maior ação desmineralizante que pode comprometer a estabilidade estrutural do dente (Wilkonski et al., 2020) (Marafiga et al., 2022).

2.3.2 Ácido cítrico

O ácido cítrico é um ácido tricarboxílico que é normalmente utilizado na desinfecção de superfícies radiculares infetadas, permitindo a exposição de fibras intrínsecas de colagénio e ajudar na remoção de smear-layer durante a preparação químico-mecânica dos canais radiculares. É descrito como sendo um ácido fraco cujos valores de pH variam entre 0,8 e 1,9 dependendo dos valores de concentração (normalmente entre 10% e 50%). As suas propriedades antimicrobianas e biocompatibilidade têm sido equiparadas àquelas do ácido etilenodiamina tetraacético (Gómez-Delgado et al., 2023).

Relativamente à sua capacidade de remoção da smear-layer, o ácido cítrico tem sido apontado como bastante eficaz obtendo resultados até superiores aos do ácido etilenodiamina tetraacético, neste aspeto, com a vantagem de apresentar eficácia em todas as regiões do canal. Porém, o ácido cítrico revelou também uma ação desmineralizante consideravelmente maior, o que se traduziu numa diminuição dos valores da microdureza da dentina e consequente perda de estabilidade estrutural da peça dentária (Unnikrishnan et al., 2022).

Vários estudos têm chegado ao consenso de que a capacidade de remoção da smear-layer por parte do ácido cítrico é muito eficaz, resultando numa superfície dentinária onde se observava o desimpedimento de todos os túbulos dentinários e a ausência de detritos no interior destes, bem como uma dentina peritubular lisa e homogénea (Gandolfi et al., 2019).

A principal inadvertência para o uso de ácido cítrico durante o protocolo final de irrigação num tratamento endodôntico não cirúrgico tem sido a capacidade de desmineralização agressiva que este irrigante apresenta. Em 2023, Gómez-Delgado et al., num artigo de revisão sistemática, procurou atualizar as propriedades e qualidades do uso de ácido cítrico no tratamento endodôntico. Nesta avaliação, ficou patente a elevada ação desmineralizante que se traduziu numa grande erosão e numa diminuição acentuada da microdureza da dentina, condicionando a estrutura global da peça dentária, pondo em risco o sucesso do tratamento a longo prazo (Gómez-Delgado et al., 2023).

2.3.3 Ácido peracético

O ácido peracético é uma mistura equilibrada de peróxido de hidrogénio, ácido acético e uma solução estabilizante. É um agente desinfetante que possui um amplo espectro contra agentes bacterianos, vírus e fungos mesmo em concentrações baixas. Esta solução tem a particularidade de conseguir atuar mesmo na presença de tecido orgânico residual sem produzir resíduos tóxicos ou alterar o seu efeito em situações de alternância de pH e durante um curto período de contacto. O seu mecanismo de atuação é traduzido como um eficaz poder oxidante que leva a alterações nas propriedades fisiológicas das membranas celulares comprometendo funções vitais do correto funcionamento celular, como o controlo da barreira osmótica (Brandão-Neto et al., 2021).

Recentemente o ácido peracético tem sido estudado para determinar o seu potencial em ser utilizado como um irrigante final no protocolo de desinfecção canalar uma vez que poderá combinar as suas capacidades antimicrobianas com a sua habilidade em remover a smear-layer (Keine et al., 2019).

A capacidade antimicrobiana do ácido peracético tem sido investigada e em 2021, Briseño-Marroquín et al., procurou comparar a atividade bactericida do ácido peracético a 2% com amostras de clorhexidina e hipoclorito de sódio contra duas estirpes de bactérias: *E. faecalis* e *P. micra* (duas estirpes de bactérias frequentemente encontradas numa infeção pulpar). Verificou-se que todas as amostras revelaram um efeito bactericida, contudo as áreas de

inibição nas amostras de ácido peracético foram significativamente menores contra a bactéria *P. micra* comparativamente àquelas que se verificaram contra a *E. faecalis* e às outras soluções no estudo. Conclui-se também que para além da menor capacidade desta solução em eliminar as concentrações bacterianas em relação aos outros agentes, o ácido peracético não possui a capacidade de dissolução tecidual que o hipoclorito de sódio apresenta, o que leva a concluir que esta solução não é recomendada para substituir o hipoclorito de sódio ou a clorohexidina como solução antimicrobiana num tratamento endodôntico não cirúrgico. Ao invés, pondera-se a sua possível utilização em detrimento do ácido etilenodiamina tetraacético como agente quelante de forma a auxiliar na remoção de componentes inorgânicos, mantendo ao mesmo tempo uma melhor previsibilidade quanto aos possíveis efeitos na microestrutura da dentina ao possuir uma menor ação desmineralizante (Briseño-Marroquín et al., 2021).

Na condição de ser usado como agente quelante no protocolo de irrigação final, o ácido peracético a 1% mostrou uma boa capacidade de remoção da smear-layer sem levar a alterações na microestrutura dentinária, contudo a maiores concentrações revelou uma significativa perda da microdureza da dentina. Demonstrou ser um agente quelante mais fraco que o ácido etilenodiamina tetraacético a 17%, mas permitiu melhores resultados em termos de melhoramento das forças de adesão do material obturador às paredes do canal (Agarwal et al., 2022).

2.3.4 Ácido maleico

O ácido maleico é um ácido orgânico suave que, em concentrações de 5% a 7%, tem sido utilizado como um agente quelante capaz de remover a smear-layer durante um tratamento endodôntico não cirúrgico. O seu uso como um agente de irrigação final tem revelado excelentes resultados na remoção dos componentes inorgânicos e, ao comparar estes resultados com o ácido etilenodiamina tetraacético (referência no que toca a agentes quelantes em endodontia) e com o ácido cítrico, comprova-se um efeito de remoção de smear-layer equiparável nos terços coronário e médio da raiz, no entanto, na região apical o ácido maleico revelou-se superior ao ácido etilenodiamina tetraacético e ao ácido cítrico com melhores percentagens de remoção da smear-layer. Devido à maior acidez do ácido maleico (pH de 1,05), a sua ação desmineralizante é superior num espaço temporal de aplicação menor (Kaushal et al., 2020).

A capacidade de o ácido maleico conseguir manter a sua acidez durante o tratamento endodôntico deve-se à sua tensão superficial que é mais baixa que a dos restantes agentes quelantes. Esta acidez constante torna-o capaz de remover a smear-layer em regiões apicais com maior facilidade, apesar de poder acarretar maiores riscos de desmineralização dentinária nomeadamente as regiões peri tubulares e inter-dentinárias (Shekhar et al., 2023).

A elevada acidez do ácido maleico também foi alvo de estudo para perceber os potenciais impactos antimicrobianos para que esta solução pudesse ser utilizada sozinha ou como adjuvante na eliminação de bactérias do sistema de canais. Crê-se que a acidez do ácido maleico seja responsável por causar alterações na permeabilidade da membrana celular das bactérias, levando à morte das mesmas. A sua aplicação, sozinho ou com cetrimida, por pelo menos 30 segundos, revelou atividade antibacteriana (99,9% até diluição de 1:8) contra *E. faecalis* bem como causar o impedimento do crescimento de novas células bacterianas mesmo quando diluído 1:16 vezes. Contudo, contra células estabelecidas em biofilmes, revelou uma menor capacidade bactericida e só conseguiu desalojar as células do biofilme em diluições de 1:1 em 1 minuto e 1:2 em 5 minutos (Giardino et al., 2020).

3. Atuação dos agentes quelantes na estrutura dentinária

Durante a preparação químico-mecânica do sistema de canais radiculares, deparamo-nos com a inevitável formação de smear-layer e a consequente obstrução da abertura dos túbulos dentinários o que torna o tratamento da superfície interna do canal com o uso de soluções quelantes imprescindíveis de modo a se conseguir evitar a instalação e aprisionamento de agentes microbianos no interior destas estruturas. Estes agentes atuam ao nível dos elementos integrantes na composição da dentina radicular, causando uma diminuição nas proporções destes elementos, nomeadamente íões de cálcio, fósforo, magnésio e potássio. Íões de cálcio presentes nos cristais de hidroxiapatita são o alvo mais importante no mecanismo de ação dos agentes quelantes e a razão pela qual a ação destas soluções de forma prolongada pode levar a uma desmineralização pronunciada uma vez que a hidroxiapatite é o conteúdo mineral mais comum presente na estrutura dentinária. Estas alterações, nos componentes da dentina podem causar alterações irreversíveis nas propriedades biomecânicas e estruturais na superfície dentinária que por sua vez, podem levar a índices mais baixos nos valores de dureza, microdureza e aumento da rugosidade de superfície causando a formação de microfissuras na dentina e aumentar o risco de fratura durante e/ou após o tratamento. Contudo, também se comprovou que estas alterações causadas pela ação dos agentes quelantes na superfície

dentinária podem ter alguns efeitos desejáveis nomeadamente o aumento da permeabilidade aos agentes antimicrobianos e melhor adesão por parte dos materiais obturadores às paredes do canal que ajuda na contribuição para um melhor resultado no final do tratamento endodôntico não cirúrgico (Kazeminejad et al., 2023).

Os efeitos da ação dos agentes quelantes trazem vantagens imprescindíveis para o sucesso do tratamento endodôntico não cirúrgico, especialmente no pós-tratamento ao ajudar na prevenção de reinfeções que poderiam ocorrer devido à não eliminação de agentes microbianos retidos nos túbulos dentinários. Existem métodos que procuram potenciar a ação de soluções, nomeadamente soluções quelantes, de modo a melhorar a sua eficácia e a tornar o pós-tratamento mais previsível. Estes métodos consistem na utilização de técnicas de ativação de soluções e o aquecimento das mesmas, até temperaturas próximas da temperatura intra-pulpar (37°C). Kucuk et al., (2021) procurou estabelecer a relação que o aumento da temperatura teria na ação de soluções quelantes como o ácido etilenodiamina tetraacético a 17%, ácido cítrico (10%) e QMix (uma solução única usada como irrigante final composta por ácido etilenodiamina tetraacético, clorohexidina e um surfactante). Ficou comprovado neste estudo que não existiu uma eliminação significativamente maior de íons de cálcio entre a irrigação feita com soluções de ácido etilenodiamina tetraacético, QMix ou ácido cítrico a 22°C relativamente à irrigação realizada a 37°C, contudo, as soluções mostraram-se eficazes na remoção da smear-layer tendo a solução QMix obtido melhores resultados comparativamente ao ácido etilenodiamina tetraacético e este ao ácido cítrico o que sugere a utilização da solução QMix como promissora uma vez que pode ser utilizada como um único irrigante final evitando assim o uso de múltiplas soluções durante esta fase do tratamento. Como o QMix tem na sua constituição clorohexidina, permite também uma capacidade antimicrobiana adicional mais prolongada devido ao fenómeno de substantividade que a clorohexidina apresenta ao permitir a retenção de clorohexidina nos túbulos dentinários até 120 dias após a sua aplicação (Kucuk et al., 2021).

4. Consequências clínicas da ação desmineralizante dos agentes quelantes

No que diz respeito à estrutura dentária, a componente inorgânica da dentina é responsável pelos valores de resistência e dureza, enquanto que a componente orgânica afeta o módulo de elasticidade. Num estudo realizado por El-Banna et al. (2022), foram avaliados os impactos que uma solução de ácido etilenodiamina tetraacético a 17% teria na superfície interna do canal e as alterações causadas nos parâmetros de resistência à flexão e microdureza. Conclui-se que o

ácido etilenodiamina tetraacético provocou uma diminuição significativa na resistência à flexão do dente, achado que pode ser explicado devido à ação desmineralizante que o ácido etilenodiamina tetraacético exerce na porção mineral da dentina radicular, especialmente na razão cálcio/fósforo que se traduz numa extração acentuada de íons de cálcio resultando num substrato mais pobre e de menor qualidade que aumenta o risco da ocorrência de fratura no pós-tratamento. Quanto à microdureza da superfície dentinária, também se verificou uma diminuição neste parâmetro após a aplicação da solução de ácido etilenodiamina tetraacético o que estará relacionado com a perda de composição mineral de hidroxiapatita (forte ação por parte do ácido etilenodiamina tetraacético na remoção de íons de cálcio) na dentina intertubular que se traduz num impacto negativo para a dureza total da estrutura da peça dentária. Os resultados obtidos neste estudo eram relativamente expectáveis uma vez que a quantidade de solução de ácido etilenodiamina tetraacético a 17% aplicada foi de 5 mililitros sem interrupções o que torna a reforçar a importância da relação da quantidade de solução administrada e os seus efeitos indesejáveis na estrutura dentinária (El-Banna et al., 2022).

O uso de agentes quelantes no protocolo final de irrigação com o objetivo de remover a smear-layer de modo a melhorar a limpeza do sistema de canais e a prevenção de contaminações secundárias tem se demonstrado eficaz, porém a sua aplicação com outras soluções, nomeadamente o hipoclorito de sódio, tem levantado algumas questões quanto ao impacto que esta interação pode causar na dentina das paredes dos canais radiculares. Ulusoy et al. (2019), num estudo sobre o eventual impacto que soluções de ácido etilenodiamina tetraacético, ácido etidróico e ácido peracético (AP) poderiam ter sobre a estrutura dentinária, procurou, na estratégia de protocolo final de irrigação adotado no estudo, a utilização de hipoclorito de sódio antes da aplicação de solução quelante. Este raciocínio surge de modo a evitar uma possível exposição das fibras de colagénio da dentina à ação dissolvente do hipoclorito de sódio que ficaram expostas devido ao uso prévio de um agente quelante que removeu a camada envolvente de hidroxiapatita que protegia estas fibras, levando a uma exacerbação da perda de estabilidade estrutural e biomecânica da peça dentária ao serem eliminados os elementos colagénicos fibrosos. Outro fator que revelou ser essencial no efeito desmineralizante de um agente quelante na estrutura dentinária foi a tensão de superfície entre uma solução e a superfície onde atua. Neste estudo, verificou-se que o agente quelante responsável pelo maior grau de desmineralização e subsequente maior impacto na diminuição dos valores de nanodureza da dentina foi o ácido etidróico. Tal achado pode ser explicado devido ao menor valor de tensão superficial que este agente apresenta em comparação com as restantes soluções estudadas neste

Efeito das soluções quelantes na microdureza da dentina radicular, no tratamento endodôntico não cirúrgico.
Revisão narrativa

caso, o que permite ao ácido etidrónico uma maior capacidade de penetração nos túbulos dentinários em profundidade aumentando a área de ação deste irrigante traduzindo uma maior capacidade desmineralizante e conseqüente redução dos índices de nanodureza da estrutura dentinária (Ulusoy et al., 2019).

III. Discussão

As queixas de sintomatologia pulpar são o motivo mais comum que leva uma pessoa a procurar uma consulta de urgência na área da medicina dentária. Sendo a patologia pulpar uma doença com múltiplos fatores etiológicos, desde cáries até a um incorreto posicionamento oclusal, a endodontia surge como uma área de extrema importância em ser capaz de conseguir obter resultados de diagnóstico precisos de modo a se conseguir chegar da melhor maneira um plano de tratamento que seja capaz de resolver o problema da forma mais eficaz e conservadora possível (Abbott, 2022).

A obtenção de um sistema de canais radiculares totalmente descontaminados e com a conicidade e selamento adequados são os principais objetivos do tratamento endodôntico não cirúrgico pelo que se tem vindo a implementar protocolos de desinfeção cada vez mais eficazes de modo a auxiliar e complementar da melhor maneira o processo de instrumentação mecânica que é feita em simultâneo. A irrigação em endodontia pretende obter essencialmente três objetivos: a eliminação do foco infeccioso de forma permanente e eficaz, atuando na componente orgânica infetada (tecido pulpar e biofilme microbiano instalado nas paredes dos canais); a remoção da componente inorgânica (detritos dentinários libertados no processo de instrumentação), assegurando a permeabilidade dos canais, a evitar bloqueios e a consequente perda de comprimento de trabalho; igualmente importante é a remoção da smear-layer formada pela ação dos instrumentos contra as paredes do canal de modo a conseguir desimpedir os túbulos dentinários e expor as bactérias que estavam aprisionadas no interior destes melhorando deste modo a capacidade de penetração dos agentes antimicrobianos aplicados durante o processo de irrigação e dos materiais obturadores durante a fase de obturação. Como não existe nenhum irrigante atualmente utilizado na prática clínica que seja capaz de realizar de forma eficaz e competente estas três funções, utiliza-se uma combinação de soluções, cada uma responsável por desempenhar uma função diferente, mas essencial para o sucesso do tratamento endodôntico (Matos et al., 2021).

Como soluções capazes de eliminar os agentes patogénicos do sistema de canais é necessário que possuam características que os tornem eficazes na criação de um ambiente séptico no espaço canal. Estas características são: a capacidade de dissolução de tecidos infetados (essencial na remoção dos restos de tecido pulpar infetado e/ou necrosado) e a capacidade antimicrobiana. O hipoclorito de sódio tem sido descrito como o irrigante de eleição a ser usado durante o tratamento endodôntico, em concentrações entre os 2% e 5,25%, pois é um agente

capaz de realizar com bastante eficácia tanto a dissolução do tecido orgânico contaminado como possui uma excelente ação antimicrobiana para combater os agentes microbianos que se instalaram na cavidade pulpar e no sistema de canais radiculares. Contudo, o hipoclorito de sódio apresenta dois efeitos indesejáveis sendo eles a particularidade de ser um agente altamente citotóxico, levando a cuidados extensivos no seu manuseamento e aplicação de modo a evitar extrusão para os tecidos periapicais subjacentes ou para a cavidade oral e tecidos circundantes; assim como o facto de não conseguir interagir com a componente inorgânica do dente, tornando-se incapaz de remover o tecido mineralizado da smear-layer (Tartari et al., 2018), (Krah-Sinan et al., 2019), (Xu et al., 2022).

A clorohexidina surge na irrigação endodôntica como potencial agente substituto ao hipoclorito de sódio ao também possuir características que a tornam um agente útil na desinfecção canal. A clorohexidina possui uma ação antibacteriana de amplo espectro o que faz dela um agente bastante capaz no controlo de infeções persistentes e agressivas. Em comparação com o hipoclorito de sódio tem como vantagens o facto de não possuir efeitos citotóxicos relevantes e de ser capaz de aderir às paredes dentinárias dos canais, perpetuando o seu efeito antimicrobiano durante dias, característica designada como a substantividade da clorohexidina. Contudo, a clorohexidina não possui a capacidade de dissolver tecido orgânico e quando é usada simultaneamente com o hipoclorito de sódio, forma um precipitado de cor laranja-acastanhada que tem na sua composição paracloroanilina (um composto tóxico e potencialmente cancerígeno) que acaba por pigmentar a superfície dentária, sendo por estas razões que a sua utilização como irrigante principal em endodontia não seja tão popular acabando por ser o hipoclorito de sódio o agente antimicrobiano de eleição a ser utilizado no decorrer de um tratamento endodôntico não cirúrgico (Tartari et al., 2018), (Ruksakiet et al., 2020), (Zhou e Nanayakkara, 2021).

Devido à ineficácia dos agentes antimicrobianos em remover componentes inorgânicos da dentina contaminada, é atribuído aos agentes quelantes um importante papel a desempenhar durante a irrigação final ao serem responsáveis pela eliminação da componente inorgânica da smear-layer. A smear-layer é uma camada composta por material orgânico contaminado (restos pulpares remanescentes, colagénio, processos odontoblásticos e bactérias) e por material inorgânico (detritos dentinários) que é formada devido à utilização dos instrumentos contra as paredes internas dos canais durante a fase de instrumentação. Esta camada é responsável por cobrir a superfície interna da parede do canal, selando a abertura dos túbulos dentinários. Este

impactamento leva a que as soluções irrigantes e os materiais obturadores tenham dificuldade em penetrar nos túbulos dentinários e mantenham as bactérias previamente instaladas protegidas da ação antimicrobiana dos irrigantes. Os agentes quelantes que foram alvo de estudo neste trabalho foram o ácido etilenodiamina tetraacético, o ácido cítrico, o ácido maleico e o ácido peracético tendo sido avaliadas as propriedades de cada um na remoção da smear-layer e a ação desmineralizante provocada na estrutura dentinária (Wilkonski et al., 2020).

Dentro dos agentes quelantes, aquele que é reconhecido por grande parte dos clínicos como sendo a solução de primeira escolha é o ácido etilenodiamina tetraacético (em concentrações entre os 10% e 17%) ao revelar uma excelente capacidade de remoção da smear-layer. A capacidade de sequestração de íons de cálcio deste agente é menos intensa do que os restantes agentes devido ao facto de esta solução possuir um valor de pH moderadamente alcalino contrariamente ao carácter ácido dos outros agentes quelantes. Devido a esta menor afinidade por íons de cálcio (um dos principais constituintes dos cristais de hidroxiapatita), é expectável que os impactos na microestrutura da dentina não sejam tão pronunciados com a utilização de ácido etilenodiamina tetraacético comparativamente ao uso de agentes quelantes com maior valor de acidez (o ácido cítrico por exemplo). Os parâmetros que influenciam a ação desmineralizante por parte dos agentes quelantes são essencialmente a sua concentração (quanto mais elevada for, maior o efeito de desmineralização), e o seu tempo de atuação (quanto maior for o tempo de contacto do irrigante com a superfície das paredes dos canais, maior a desmineralização). Estes parâmetros são válidos para todos os agentes quelantes estudados durante a execução deste estudo (Alyahya et al., 2022), (El-Banna et al., 2023).

Relativamente à capacidade de remoção da smear-layer, vários estudos foram realizados de maneira a tentar demonstrar a eficácia por parte dos agentes quelantes e os benefícios que a ação destes agentes acarreta no sucesso de um tratamento endodôntico não cirúrgico. Matos et al. (2021), num artigo de revisão sistemática, procurou averiguar os benefícios da utilização de um protocolo final de irrigação com recurso a agentes quelantes na penetração de materiais obturadores nos túbulos dentinários no final do tratamento. Chegou à conclusão de que o uso de agentes quelantes proporcionou uma maior capacidade de remoção da smear-layer o que por sua vez permitiu a libertação dos túbulos dentinários tornando-os permeáveis à infiltração do material de obturação, resultando num selamento hermético e apical mais eficaz. Shekhar et al. (2023), por sua vez, também procurou estabelecer a eficácia da remoção da smear-layer por parte de três agentes quelantes diferentes (ácido etilenodiamina tetraacético a 17%, ácido cítrico

a 10% e ácido maleico a 7%) em todos os terços do canal e fazer a correlação entre a remoção da smear-layer e o melhoramento da penetração por parte dos materiais de obturação. O autor, à semelhança dos resultados evidenciados por Matos et al. (2021), também comprovou o melhor desempenho nos parâmetros de infiltração e adesão dos materiais obturadores às paredes do canal quando estes se encontravam livres de smear-layer. Concluiu também, em concordância com os achados de Kaushal et al. (2020), que todos os agentes quelantes utilizados no estudo tiveram uma excelente eficácia na remoção da camada de smear-layer no terço coronal com valores semelhantes, porém; nos terços médio e apical a solução de ácido etilenodiamina tetraacético a 17% mostrou-se menos eficaz na eliminação da smear-layer em comparação com as soluções de ácido cítrico e ácido maleico. Agarwal et al. (2019), num estudo envolvendo a mesma temática, procurou estabelecer o impacto de uma solução de ácido peracético de baixa concentração (ácido peracético a 1%) e concluiu que esta solução possui uma capacidade de remoção de smear-layer semelhante à do ácido etilenodiamina tetraacético mas com a particularidade de manter uma ação antibacteriana considerável, tornando esta solução uma potencial substituta do ácido etilenodiamina tetraacético durante a fase final de irrigação num tratamento endodôntico não cirúrgico (Agarwal., 2019), (Kaushal et al., 2020), (Matos et al., 2021), (Shekhar et al., 2023).

Quanto ao impacto que estas soluções têm na microestrutura da dentina radicular, certos estudos têm-se debruçado sobre o potencial efeito de agentes quelantes nas propriedades físicas e químicas da estrutura dentinária e os impactos que estes efeitos possam ter na capacidade de resistência e elasticidade da estrutura global do dente. Kazeminejad et al. (2023), através de um estudo recente elaborado sobre a forma de um artigo de revisão sistemática associado a uma meta-análise, procurou determinar o mecanismo de ação de irrigantes utilizados em endodontia (hipoclorito de sódio a 2,5%, hipoclorito de sódio a 5,25%, clorhexidina e ácido etilenodiamina tetraacético) na remoção da componente mineral da dentina e o seu impacto na microdureza dentinária. Neste estudo ficou patente que, dentro dos minerais considerados relevantes durante o estudo realizado (cálcio, fósforo, magnésio e potássio), apenas se notou um decréscimo na percentagem residual de cálcio e esta redução foi mais evidente quando se utilizou uma solução de ácido etilenodiamina tetraacético após irrigação prévia com hipoclorito de sódio ou clorhexidina. Este decréscimo na quantidade remanescente de cálcio presente nas paredes dos canais pode levar à exposição de fibras de colagénio que ficam expostas à ação de irrigantes que as possam dissolver levando a uma eventual redução no módulo de elasticidade do tecido dentinário tornando-o suscetível a microfissuras pondo em risco a estabilidade da

estrutura do dente. Contudo, o autor alerta para o reduzido número de estudos incluídos na meta-análise sugerindo a interpretação cautelosa dos resultados obtidos no estudo. Os efeitos do ácido cítrico na microdureza da dentina também foram avaliados num outro artigo de revisão sistemática elaborado por Gómez-Delgado et al. (2023). Neste estudo ficou determinado que o efeito erosivo do ácido cítrico (concentrações entre 10% e 40%) na superfície dentinária estão mais sujeitas a acontecer quando este é usado previamente ao hipoclorito de sódio. O uso prévio de ácido cítrico leva a uma maior interação com os íons de cálcio (até superior àquela demonstrada pelo ácido etilenodiamina tetraacético em outros estudos) o que promove a exposição de fibras colagenosas que ficam sujeitas à dissolução por parte do hipoclorito de sódio causando extensa erosão dentinária (Kazeminejad et al., 2023), (Gómez-Delgado et al., 2023).

A temática abordada neste trabalho surge como um alerta para o potencial efeito indesejado do uso de agentes quelantes durante a realização do tratamento endodôntico não cirúrgico quando usados de forma inadequada, com longos períodos de exposição ou com cuidados reduzidos. Este trabalho teve como principal objetivo expor o impacto desmineralizante de soluções quelantes na microestrutura da dentina radicular. Através da realização deste trabalho, embora se tenha conseguido demonstrar os efeitos produzidos por diversos agentes quelantes na estrutura dentinária em diferentes estudos, os dados recolhidos verificaram-se insuficientes para dar uma resposta consensual e clara sobre a extensão e frequência dos efeitos desmineralizantes provocados pelas soluções quelantes no protocolo final irrigação em endodontia, sendo por isso necessária a realização de estudos no futuro com maior tempo de follow-up de modo a permitir uma avaliação qualitativa e quantitativa mais fiável para se chegar a uma resposta mais fiável completa sobre este tema. Contudo, ficou claro no desenvolvimento deste estudo que a concentração e o tempo de ação de um agente quelante influenciam de forma diretamente proporcional a ocorrência de efeitos desmineralizantes sendo por isso importante na prática clínica ter especial atenção e tomar os cuidados necessários de modo a evitar perdas irreversíveis de tecido dentinário.

IV. Conclusão

A elaboração deste trabalho teve como objetivo compreender a importância da utilização de agentes quelantes no decorrer de um tratamento endodôntico não cirúrgico assim como em que fase do mesmo se devem utilizar, de forma a potencializar o seu efeito sem prejudicar a estrutura dentinária.

Um protocolo de irrigação ideal deve ter na sua constituição um agente responsável pela desinfecção e dissolução de tecido orgânico contaminado e um agente responsável pela remoção de componentes inorgânicos contaminados. Atualmente, evidenciado por vários trabalhos realizados, o agente antimicrobiano de eleição é o hipoclorito de sódio devido às suas excelentes propriedades antibacterianas e dissolução de tecidos e o agente quelante de primeira escolha é o ácido etilenodiamina tetraacético.

A Clorhexidina surge como uma alternativa ao hipoclorito de sódio apresentando a vantagem de demonstrar substantividade e menor citotoxicidade, porém, não se torna eficaz em dissolver o tecido necrótico presente no sistema de canais. Como alternativa ao ácido etilenodiamina tetraacético temos outros agentes quelantes que são também capazes de remover a smear-layer uns com maior facilidade nos terços médio e apical (ácido cítrico e ácido maleico), e outro menos eficaz, mas com melhores propriedades antimicrobianas (ácido peracético).

O mecanismo de ação dos agentes quelantes revela atuar nos minerais presentes nas paredes dos canais com especial destaque para os íons de cálcio. Existem técnicas de ativação de irrigantes que se provaram eficientes em aumentar a capacidade de remoção da componente inorgânica por parte das soluções quelantes permitindo uma maior penetração destes agentes em profundidade no substrato dentinário.

Relativamente ao efeito dos agentes quelantes na estrutura e microdureza da dentina radicular, ainda não existe um consenso relativamente ao grau e frequência na ocorrência de impactos significativos e claros na estrutura dentinária. São observadas desmineralizações acentuadas associadas ao uso de soluções de elevada concentração e quando utilizadas por um maior período de tempo. Contudo, é consensual a necessidade da elaboração de estudos com amostras maiores e maior tempo de follow-up de modo a conseguir estabelecer com maiores certezas e de forma a conseguir avaliar quantitativamente e qualitativamente o impacto destes agentes na estrutura da dentina e os efeitos que manifestam no pós-tratamento.

V. Referências Bibliográficas

Abbott, P. V. (2022). Present Status and Future Directions: Managing Endodontic Emergencies, *International Endodontic Journal*, 55(supp.3): pp. 778-803

Agarwal, S., et al. (2019). An in vitro comparative evaluation of the effect of three endodontic chelating agents (17% ethylenediamine tetraacetic acid, 1% peracetic acid, 0.2% chitosan) on the push out bond strength of gutta percha with a new bioceramic sealer (BioRoot RCS), *Journal of Conservative Dentistry*, 22(5): pp. 475-478

Alyahya, A. A., et al. (2023). The Effect of a Novel Silver-Citrate Root Canal Irrigation Solution (BioAkt), Ethylenediamine Tetraacetic Acid (EDTA), and Citric Acid on the Microhardness of Root Canal Dentin: A Comparative In Vitro Study, *Cureus*, 14(11): e31255

Baldasso, F. E R., et al. (2017). Effect of final irrigation protocols on microhardness reduction and erosion of root canal dentin, *Brazilian Oral Research*, 31: e40

Brandão-Neto, D. O., et al. (2021). Final Endodontic Irrigation with 2% Peracetic Acid: Antimicrobial Activity and Cytotoxicity, *European Journal of Dentistry*, 15(3): pp. 533-538

Briseño-Marroquín, B., et al. (2022). Antibacterial efficacy of peracetic acid in comparison with sodium hypochlorite or chlorhexidine against *Enterococcus faecalis* and *Parvimonas micra*, *BMC Oral Health*, 22:119

Daeri, S., Mohn, D., Zehnder, M. (2019). Dentine decalcification and smear layer removal by different ethylenediaminetetraacetic acid and 1-hydroxyethane-1,1-diphosphonic acid species, *International Endodontic Journal*, 52: pp. 237-243

El-Banna, A., Elmesellawy, M. Y., Elsayed, M. A. (2023). Flexural strength and microhardness of human radicular dentin sticks after conditioning with different endodontic chelating agents, *Journal of Conservative Dentistry*, 26(3): pp. 344-48

Elbahary, S., et al. (2020). Effects of different irrigation protocols on dentin surfaces as revealed through quantitative 3D surface texture analysis, *Scientific Reports*, 10:22073

Gandolfi, M. J., et al. (2019). Demineralization, Collagen Modification and Remineralization Degree of Human Dentin after EDTA and Citric Acid Treatments, *Materials*, 12(1): 25

Giardino, L., et al. (2020). Antimicrobial activity, toxicity and accumulated hard-tissue debris (AHTD) removal efficacy of several chelating agents, *International Endodontic Journal*, 53: pp. 1093-1110

Gómez-Delgado, M., et al. (2023). Update on citric acid use in endodontic treatment: a systematic review, *Odontology*, 111: pp. 1-19

Jakiel, J., et al. (2017). Evaluation of dentinal tubules of dentin of the roots of necrotic teeth by means of scanning electron microscope, *Polish Annals of Medicine*, 24: pp. 36-42

Efeito das soluções quelantes na microdureza da dentina radicular, no tratamento endodôntico não cirúrgico.
Revisão narrativa

Kaushal, R., Bansal, R., Malhan, S. (2020). A comparative evaluation of smear layer removal by using ethylenediamine tetraacetic acid, citric acid, and maleic acid as root canal irrigants: An in vitro scanning electron microscopic study, *Journal of Conservative Dentistry*, 23(1): pp. 71-78

Kazeminejad, E., et al. (2023). Effect of Endodontic Irrigation on Mineral Content of Root Canal Dentine: A Systematic Review and Meta-Analysis, *European Endodontic Journal*, 8: pp. 114-24

Keine, K. C., et al. (2020). Peracetic acid as a single endodontic irrigant: effects on microhardness, roughness and erosion of root canal dentin, *Microscopy Research and Technique*, 83: pp. 375-380

Krah-Sinan, A. et al. (2020). The Effects of Sodium Hypochlorite on Organic Matters: Influences of Concentration, Renewal Frequency and Contact Area, *Iranian Endodontic Journal*, 15(1): pp. 18-22.

Kumar, R. S., et al. (2023). Effectiveness of various irrigant activation techniques on the penetration of sodium hypochlorite into lateral canals of mature permanent teeth: A systematic review and meta-analysis, *Saudi Dental Journal*, 35: pp. 1-23

Marafiga, F. A., et al. (2022). Effect of glycolic acid and EDTA on dentin mechanical properties, *Australian Endodontic Journal*, 48: pp. 27-31

Matos, F. S., et al. (2021). Influence of chelating solutions on tubular dentin sealer penetration: A systematic review with network meta-analysis, *Australian Endodontic Journal*, 47: pp. 715-730

Neelakantan, P., et al. (2019). Endotoxin levels after chemomechanical preparation of root canals with sodium hypochlorite or chlorhexidine: a systematic review of clinical trials and meta-analysis, *International Endodontic Journal*, 52: pp. 19-27

Pereira, T. C., et al. (2021). Chemical and mechanical influence of root canal irrigation on biofilm removal from lateral morphological features of simulated root canals, dentine discs and dentinal tubules, *International Endodontic Journal*, 54: pp. 112-129

Ruksakiet, K., et al. (2020). Antimicrobial Efficacy of Chlorhexidine and Sodium Hypochlorite in Root Canal Disinfection: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials, *Journal of Endodontics*, 46(8): pp. 1032-1041

Shekhar, S., et al. (2023). To evaluate and compare the effect of 17% EDTA, 10% citric acid, 7% maleic acid on the dentinal tubule penetration depth of bio ceramic root canal sealer using confocal laser scanning microscopy: an in vitro study, *F100 Research*, 11: 1561

Tartari, T., et al. (2018). Effect of the combination of several irrigants on dentine surface properties, Adsorption of chlorhexidine and Adhesion of microorganisms to dentine, *International Endodontic Journal*, 51(12): pp. 1420-1433

Tartari, T., et al. (2021). Effects of heat in the properties of NaOCl alone and mixed with etidronate and alkaline tetrasodium EDTA, *International Endodontic Journal*, 54: pp. 616-627

Efeito das soluções quelantes na microdureza da dentina radicular, no tratamento endodôntico não cirúrgico.
Revisão narrativa

Ulusoy, O. I. A., Mantı, A. S., Çelik, B. (2020). Nanohardness reduction and root dentine erosion after final irrigation with ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acids, *International Endodontic Journal*, 53, pp. 1549-58

Unnikrishnan, M., Mathai, V., Sadasiva, K. (2019). The Evaluation of Dentin Microhardness After Use of 17% EDTA, 17% EGTA, 10% Citric Acid, MTAD Used as Chelating Agents Combined With 2.5% Sodium Hypochlorite After Rotary Instrumentation: An In Vitro SEM Study, *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 11(6): 156

Wang, Z., Shen, Y., Haapasalo, M. (2018). Root Canal Wall Dentin in Uninstrumented but Cleaned Human Premolars: a Scanning Electron Microscopic Study, *Journal of Endodontics*, 44(5): pp. 842-848

Wilkoński, W., et al. (2020). The effects of alternate irrigation of root canals with chelating agents and sodium hypochlorite on the effectiveness of smear layer removal, *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 29(2): pp. 209–213.

Wilkoński, W., et al. (2021). Real-time co-site optical microscopy study on the morphological changes of the dentine's surface after citric acid and sodium hypochlorite: a single-tooth model, *BMC Oral Health*, 21(1): 454

Xu, H., et al. (2022). Effects of concentration of sodium hypochlorite as an endodontic irrigant on the mechanical and structural properties of root dentine: A laboratory study, *International Endodontic Journal*, 55: pp. 1091-1102

Zhou, X., Nanayakkara, S. (2021). Chlorohexidine and sodium hypochlorite provide similar antimicrobial effect in root canal disinfection, *Journal of Evidence-Based Dental Practice*, e101577