

UNIVERSIDADE PAULISTA

DAVI GUALTER SANTOS

**SUBTÂNCIAS QUÍMICAS AUXILIARES NA ENDODONTIA: QUAIS SÃO, COMO
AGEM E POR QUÊ?**

SÃO PAULO

2025

DAVI GUALTER SANTOS

SUBTÂNCIAS QUÍMICAS AUXILIARES NA ENDODONTIA: QUAIS SÃO, COMO
AGEM E POR QUÊ?

Trabalho de conclusão de curso para
obtenção do título de graduação em
Odontologia apresentado à Universidade
Paulista – UNIP.

Orientadora: Profa. Dra. Lení Hamaoka.

SÃO PAULO
2025

CIP - Catalogação na Publicação

Gualter, Davi

SUBTÂNCIAS QUÍMICAS AUXILIARES NA ENDODONTIA: QUAIS
SÃO, COMO AGEM E POR QUÊ? / Davi Gualter. - 2025.
44 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) apresentado ao Instituto
de Ciência da Saúde da Universidade Paulista, São paulo, 2025.

Área de Concentração: Endodontia.

Orientador: Prof. Lení Hamaoka.

1. Endodontia. 2. irrigação. 3. substancias químicas auxiliares. 4.
hipoclorito de sódio . 5. clorexidina. I. Hamaoka, Lení (orientador). II.
Título.

DAVI GUALTER SANTOS

SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS AUXILIARES NA ENDODONTIA: QUAIS SÃO, COMO
AGEM, POR QUÊ?

Trabalho de conclusão de curso para
obtenção do título de graduação em
Odontologia apresentado à Universidade
Paulista – UNIP.

Aprovado(a) em: 02/12/2025

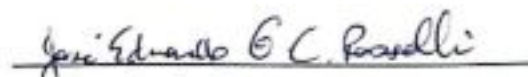
nota: 10,0

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Leni Hamaoka

Universidade Paulista - UNIP



Prof. ou Profa. Dr(a). / Me(a).

Universidade Paulista - UNIP



Prof. ou Profa. Dr(a). / Me(a).

Universidade Paulista - UNIP

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir chegar até aqui e me dar forças nos momentos em que pensei em desistir.

Aos meus pais, Osmir e Iramir, que são a base de tudo o que sou. Agradeço, do fundo do meu coração, por todo o amor, apoio e sacrifício. Por me darem a oportunidade de estudar e não precisar trabalhar, permitindo que eu me dedicasse inteiramente a realizar esse sonho. Tudo o que conquistei até hoje é reflexo do esforço e da dedicação de vocês. Não existem palavras que expressem o quanto sou grato por tudo o que já fizeram por mim por acreditarem em mim mesmo quando eu duvidei, e por estarem sempre ao meu lado em cada fase da minha vida.

Ao meu irmão Lucas, por ser um exemplo e uma presença constante. Obrigado por todo o incentivo, por sempre torcer por mim e por me apoiar em tudo.

À Gabriela, por estar comigo nos momentos mais difíceis da faculdade. Obrigado por me ouvir, me incentivar e me fazer continuar quando tudo parecia impossível. Sua ajuda fez toda a diferença nessa caminhada.

Às minhas amigas Milla e Maria Eduarda, que estiveram comigo em vários momentos de desespero com os conteúdos, ajudando, explicando e me dando força quando nada fazia sentido. Sou muito grato por toda a paciência, companheirismo e amizade de vocês.

E à professora Leni Hamaoka, que não foi apenas minha orientadora, mas também uma das pessoas mais importantes nessa trajetória. Além de me ajudar no TCC, que é uma das partes mais desafiadoras da faculdade, foi quem me fez enxergar a Endodontia de outro jeito. Antes das suas aulas, eu não imaginava que teria tanto interesse pela Endo, e hoje posso dizer que aprendi a gostar de verdade. Obrigado por toda a paciência, por ensinar com dedicação e por sempre incentivar a gente a dar o melhor.

RESUMO

O preparo químico-cirúrgico representa uma das etapas mais importantes do tratamento endodôntico, pois tem como finalidade a modelagem do canal radicular para receber o material obturador, além de eliminar microrganismos e resíduos resultantes da instrumentação. A ação mecânica isolada não é suficiente para promover completa desinfecção do sistema de canais, sendo indispensável o uso de substâncias químicas auxiliares. Essas soluções apresentam papel fundamental na limpeza, uma vez que alcançam áreas de difícil acesso aos instrumentos, favorecendo maior efetividade do tratamento. Diversas SQA têm sido empregadas, como hipoclorito de sódio, clorexidina, EDTA, soluções naturais, cada uma com vantagens e limitações. O objetivo deste trabalho foi revisar a literatura acerca das principais substâncias utilizadas na irrigação endodôntica, abordando seus mecanismos de ação, concentrações, combinações possíveis e alternativas para otimizar a higienização do canal radicular com menor toxicidade. Trata-se de uma revisão narrativa baseada em artigos publicados em bases como PubMed, SciELO e Google Acadêmico. Os achados demonstram que, embora o hipoclorito de sódio continue sendo o irrigante de referência, outras substâncias apresentam potencial clínico relevante, especialmente quando associadas a técnicas complementares de irrigação. Conclui-se que a escolha adequada do irrigante, aliada a protocolos atualizados, é essencial para garantir maior segurança e eficácia no tratamento endodôntico.

Palavras-chave: Endodontia – irrigação – substâncias químicas auxiliares – hipoclorito de sódio – clorexidina – substâncias naturais – EDTA

ABSTRACT

The chemo-mechanical preparation represents one of the most important stages of endodontic treatment, as it aims to shape the root canal to receive the filling material, in addition to eliminating microorganisms and debris resulting from instrumentation. Mechanical action alone is not sufficient to achieve complete disinfection of the canal system, making the use of auxiliary chemical substances (ACS) indispensable. These solutions play a fundamental role in cleaning, as they reach areas that are difficult for instruments to access, thus increasing treatment effectiveness. Several ACS have been employed, such as sodium hypochlorite, chlorhexidine, EDTA, natural solutions, and nanotechnology-based formulations, each with its own advantages and limitations. The objective of this study was to review the literature on the main substances used in endodontic irrigation, addressing their mechanisms of action, concentrations, possible combinations, and alternatives to optimize root canal disinfection with lower toxicological risk. This is a narrative review based on articles published in databases such as PubMed, SciELO, and Google Scholar between 2000 and 2024. The findings demonstrate that although sodium hypochlorite remains the reference irrigant, other substances show relevant clinical potential, especially when associated with complementary irrigation techniques. It is concluded that the appropriate selection of irrigants, combined with updated protocols, is essential to ensure greater safety and effectiveness in endodontic treatment.

Keywords: Endodontics – irrigation – auxiliary chemical substances – sodium hypochlorite – chlorhexidine – natural substances – EDTA

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVO	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
4 REVISÃO DE LITERATURA	13
4.1 Importância da descontaminação do sistema de canais	13
4.2 Critérios para escolha do irrigante ideal	13
4.3 Principais substâncias químicas utilizadas em endodontia	14
4.4 Ação do hipoclorito de sódio: eficácia e limitações	15
4.5 Endo-PTC	17
4.6 Clorexidina: mecanismo de ação e aplicação clínica	18
4.7 Smear layer e sua interferência na obturação final	19
4.8 Quelantes utilizados na remoção da camada de esfregaço	20
4.9 Substâncias alternativas	21
4.10 Efeitos que afetam a ação dos irrigantes	25
4.11 Técnicas que melhoram a irrigação	26
4.12 Efeito da nanotecnologia	27
5 DISCUSSÃO	30
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
7 REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A Endodontia é uma área da Odontologia responsável pelo tratamento da polpa dentária, abrangendo desde casos de vitalidade pulpar até necrose. Independentemente da condição pulpar, após a remoção do tecido pulpar ou necrótico, é essencial garantir a completa descontaminação do sistema de canais radiculares. Embora a modelagem e a obturação sejam etapas fundamentais do tratamento, elas não são suficientes para eliminar completamente os microrganismos presentes no interior do canal. As substâncias químicas auxiliares (SQA) tornam-se indispensáveis, pois contribuem significativamente para a limpeza, desinfecção e preparo adequado do canal radicular, removendo resíduos e agentes patogênicos que persistem após a instrumentação mecânica.

As substâncias químicas auxiliares são de grande importância para a limpeza do canal radicular, além de facilitarem a ação dos instrumentos endodônticos. A combinação entre a instrumentação mecânica e a ação dessas soluções é chamada de preparo químico-cirúrgico, que tem como objetivo a eliminação de tecidos necróticos, restos orgânicos, debris e smear layer, além da modelagem do canal. As SQA apresentam propriedades como ação antimicrobiana, capacidade de dissolução de tecidos orgânicos e lubrificação, contribuindo de forma decisiva para o sucesso do tratamento endodôntico.

Muitas substâncias químicas auxiliares vêm sendo empregadas na Endodontia, como o hipoclorito de sódio, a clorexidina, o EDTA e o ácido cítrico, entre outras. Essas substâncias devem apresentar ação antimicrobiana, capacidade de dissolução de tecido orgânico, remoção de smear layer, biocompatibilidade e baixa toxicidade. No entanto, nenhuma solução apresenta todas essas propriedades de forma eficaz. Por isso, a combinação entre diferentes agentes químicos tem sido uma estratégia comum, visando potencializar os efeitos desejados durante o preparo químico do canal radicular.

Dentre as principais substâncias químicas auxiliares utilizadas na Endodontia, temos o hipoclorito de sódio, amplamente empregado devido à sua excelente capacidade de dissolver tecido orgânico e eliminar microrganismos. A clorexidina apresenta boa biocompatibilidade, baixa toxicidade e ação antimicrobiana de amplo espectro, além de efeito residual. Já o EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) atua

como agente quelante, removendo a smear layer inorgânica e facilitando a ação de outras substâncias, além de contribuir com a lubrificação dos canais durante a instrumentação. O ácido cítrico, com ação similar à do EDTA, tem sido explorado como alternativa de origem natural.

Mesmo as substâncias químicas auxiliares possuindo propriedades importantes, nenhuma delas, isoladamente, apresenta todas as características ideais para uma descontaminação completa do canal radicular. Por isso, diferentes técnicas e associações são empregadas para potencializar a eficácia da limpeza, como o uso combinado de substâncias e a instrumentação adequada. Um exemplo é a associação do hipoclorito de sódio com o endo-PTC, que promove uma reação efervescente capaz de alcançar áreas do canal de difícil acesso, além de contribuir para a remoção mais eficaz da smear layer e apresentar uma ação antimicrobiana mais abrangente.

O creme Endo-PTC se destaca por sua ação lubrificante, que ajuda na introdução dos instrumentos e na redução do atrito com as paredes do canal radicular. Ele é composto por substâncias como peróxido de ureia, Tween 80 e Carbowax, e quando usado junto com o hipoclorito de sódio, essa mistura favorece uma limpeza mais eficaz do sistema de canais, principalmente pela reação efervescente que ocorre, ajudando a empurrar os detritos para fora do canal. Além disso, essa combinação melhora a permeabilidade da dentina, o que pode potencializar a ação antimicrobiana.

Entretanto, essa associação entre substâncias deve ser feita com cautela. A combinação do hipoclorito de sódio com a clorexidina, por exemplo, pode resultar na formação de precipitados indesejáveis e potencialmente tóxicos. Outros fatores também influenciam diretamente a eficácia das SQA, como o tempo de permanência da substância dentro do canal, o volume utilizado e até a temperatura da solução. Alterações de temperatura podem modificar a viscosidade da substância, favorecendo uma melhor penetração em áreas de difícil acesso e, conseqüentemente, uma descontaminação mais eficiente.

2 OBJETIVO

Mesmo com tantos estudos sobre as substâncias químicas auxiliares, ainda existem muitas dúvidas em relação a quais delas devem ser usadas, quais são mais eficazes, apresentam menor toxicidade e como devem ser utilizadas. Há controvérsias sobre tempo de ação, volume, porcentagem ideal e até sobre o aquecimento das soluções. Além disso, o uso de substâncias naturais também gera discordância quanto à sua real eficácia. Por isso, o presente trabalho tem como objetivo revisar as principais substâncias químicas auxiliares utilizadas na Endodontia, explicando como elas agem, por que são importantes e quais são suas vantagens e desvantagens no preparo químico do canal radicular.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado uma pesquisa bibliográfica com o objetivo analisar e verificar informações disponíveis na literatura científica, através de buscas em bases de dados como a SciELO (Scientific Electronic Library Online), o Google Acadêmico, o Portal de Periódicos da CAPES, a BVS Saúde (Biblioteca Virtual em Saúde) e sites de revistas científicas, buscando artigos publicados nos últimos.

Foram abordados, revisões de literatura, documentos área da saúde, incluídos apenas aqueles que apresentavam relação ao tema proposto com fundamentação científica e foram excluídos muitos artigos que não eram pertinentes ao assunto relacionado.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 importância da descontaminação do sistema de canais

Segundo Borzine et al. (2016), a limpeza e descontaminação do canal radicular representam os principais objetivos do tratamento endodôntico, uma vez que a adesão inicial de microrganismos é o primeiro passo para a colonização dos canais. Essa colonização, quando ocorre na coroa do dente, tende a progredir em direção ao ápice dentário, desencadeando processos inflamatórios periapicais. As infecções endodônticas apresentam natureza polimicrobiana, envolvendo mais de 700 espécies, e, em casos de canais com necrose pulpar, é possível identificar até mesmo a presença de leveduras. Além disso, algumas bactérias facultativas demonstram resistência aos procedimentos de instrumentação e irrigação endodôntica, reforçando a necessidade de atenção às técnicas empregadas e à escolha adequada da substância química auxiliar, a fim de evitar a persistência da infecção e a necessidade de retratamento.

4.2 critérios para escolha do irrigante ideal

De acordo com Alghamdi (2024), a descontaminação do sistema de canais radiculares é uma etapa que exige atenção criteriosa, visto que o objetivo é eliminar completamente os microrganismos ou, ao menos, reduzir sua carga a níveis que permitam a adequada regeneração dos tecidos periapicais. Diversas substâncias químicas podem ser utilizadas nesse processo, cada uma com mecanismos de ação e características diferentes. Então, considerando a quantidade polimicrobiana das infecções endodônticas, a escolha do irrigante deve ser criteriosa, a fim de evitar a seleção de substâncias ineficazes frente a determinadas espécies microbianas, o que comprometeria a descontaminação do sistema. Além disso, a presença da smear layer reforça a necessidade da utilização de soluções capazes de promover sua remoção, garantindo uma limpeza eficaz do canal radicular e favorecendo a posterior obturação, prevenindo falhas terapêutica e retratamentos.

4.3 Principais substâncias químicas utilizadas em endodontia

Como descrito por Nogueira et al. (2023), as soluções irrigadoras desempenham papel fundamental no sucesso do tratamento de lesões pulpares, sendo que a escolha adequada do irrigante é decisiva para obter um resultado final satisfatório. Entre as principais substâncias químicas auxiliares destacam-se o hipoclorito de sódio (NaClO), o gluconato de clorexidina (CHX) e o EDTA, cada uma com vantagens e desvantagens específicas.

O NaClO é amplamente utilizado em endodontia, apresentando eficácia comprovada, destacando-se por sua potente ação antimicrobiana contra vírus, fungos e bactérias, além de promover dissolução de tecidos necróticos e vitais. Contudo, possui odor forte e é irritante ao contato com pele e mucosas.

A CHX, por sua vez, apresenta baixa toxicidade, amplo espectro antibacteriano, odor e sabor mais aceitáveis, além de poder ser utilizada como medicação intracanal, embora não tenha capacidade de dissolução tecidual.

Já o EDTA, agente quelante com pH ácido, é indicado para remoção da smear layer, principalmente na irrigação final, porém sua extrusão para tecidos periapicais pode resultar em reações inflamatórias, apoptose, necrose e efeitos citotóxicos. Diante dessas características, podemos ver que a escolha do irrigante ideal deve ser feita com atenção além de termos cuidados no seu manuseio.

Conforme apresentado por Neelakantan et al. (2017), as substâncias químicas auxiliares utilizadas em endodontia devem apresentar alguns requisitos fundamentais que melhoram a desinfecção do sistema de canais radiculares. Entre essas características, destacam-se a capacidade de auxiliar na remoção de tecidos vitais ou necróticos remanescentes, a eliminação da microbiota presente no interior dos canais, incluindo a desestruturação do biofilme bacteriano, bem como a remoção de detritos de tecido duro acumulados durante a instrumentação do canal radicular. Essas funções, quando associadas de maneira adequada à instrumentação mecânica, são determinantes para o sucesso do tratamento endodôntico.

Segundo Elfarraj et al. (2024), o irrigante ideal deve aliar propriedades de desinfecção local com efeitos mínimos sobre a composição da dentina sadia, pois irrigantes inadequados podem provocar degradação radicular e contribuir para falhas a longo prazo. Alguns agentes químicos interagem diretamente com a estrutura da

dentina, afetando componentes como as fibras de colágeno e os nanocristais de apatita, podendo modificar sua composição e comprometer suas propriedades mecânicas. Tais alterações podem, ao longo do tempo, favorecer a ocorrência de fraturas verticais, reforçando a necessidade de escolha criteriosa do irrigante, considerando não apenas sua eficácia antimicrobiana, mas também sua biocompatibilidade para os tecidos dentinários.

Como mostrado por Kaushal (2020), durante a instrumentação do canal radicular, ocorre a quebra dos tecidos mineralizados, resultando na formação de uma quantidade significativa de detritos. Esse composto é chamado de camada de esfregaço, e é formado por restos de dentina, processos odontoblásticos, tecidos pulpares necróticos ou viáveis e microrganismos. A presença dessa camada pode atuar como barreira física, dificultando a penetração de substâncias químicas auxiliares e medicamentos intracanais nos túbulos dentinários, além de comprometer a adesão do material selante e obturador, prejudicando a vedação do sistema de canais radiculares. Para a remoção eficiente dessa camada, o EDTA é o irrigante quelante mais utilizado na endodontia, atuando na formação de quelatos solúveis ao reagir com os íons de cálcio presentes na dentina, promovendo sua descalcificação controlada.

Uma das principais causas da falha do tratamento endodôntico é a incapacidade de remover todos os microrganismos do canal radicular, o que favorece uma nova colonização. Uma limpeza e modelagem corretas evitam esse cenário, por isso é essencial o uso de um bom irrigante. As características ideais de uma substância química auxiliar incluem: ação antimicrobiana de amplo espectro, capacidade de dissolver tecido pulpar necrótico, inativar endotoxinas, atuar como lubrificante durante a instrumentação, prevenir ou ajudar na remoção do smear layer, além de não ser tóxica aos tecidos orais.

4.4 Ação do hipoclorito de sódio: eficácia e limitações

O hipoclorito de sódio apresenta uma alta capacidade antimicrobiana, aliada à sua habilidade de dissolver tecidos necróticos. Sua ação desinfetante varia conforme a concentração utilizada, assim como técnicas auxiliares que podem

potencializar seu desempenho. Seu efeito germicida ocorre por meio da ação oxidativa, que provoca a destruição das células bacterianas, segundo Jain et al. (2018)

De acordo com Santana et al. (2020), o hipoclorito de sódio é utilizado em concentrações que variam de 0,5% a 5,25%, com vantagens em sua ação antimicrobiana, cujo desempenho está diretamente relacionado à concentração empregada. Sua eficácia na desinfecção dos canais radiculares está associada ao pH elevado, que atua na membrana citoplasmática, inibindo permanentemente enzimas bacterianas. Além disso, o NaOCl promove alterações biossintéticas no metabolismo celular e destruição da membrana fosfolipídica. No entanto, embora sua atividade aumente com concentrações mais altas, sua citotoxicidade também se intensifica, comprometendo a biocompatibilidade .

Outra aplicação relevante do NaOCl, segundo Cai et al. (2020), é sua capacidade de remover manchas causadas pela deposição de hemoglobina após o tratamento endodôntico, graças à sua forte ação descolorante.

Ali et al. (2020) afirmam que o hipoclorito de sódio pode ter sua efetividade potencializada por diferentes fatores. Um deles é a concentração: quando aumentada, melhora a atividade antimicrobiana, embora também eleve sua toxicidade. O volume utilizado também é determinante, já que maiores volumes favorecem a eficácia da desinfecção — embora se deva evitar a extrusão do irrigante para a região periapical, o que causaria irritação. O tempo de contato é outro fator crucial, pois quanto maior o tempo de permanência no canal, maior será sua ação antimicrobiana. Em casos de necrose pulpar, recomenda-se um tempo de ação prolongado.

Cai et al. (2023) complementam essas observações, demonstrando que cinco minutos de exposição a 2% de NaOCl resultam em maior ruptura e dissolução do biofilme bacteriano do que exposições de um ou dois minutos. No entanto, não houve diferença significativa entre os tempos de 5, 7,5 e 15 minutos. Os autores também mostraram que diferentes combinações de concentração e tempo podem alcançar resultados semelhantes — como 1% por 10 minutos, 2,5% por 5 minutos e 5,25% por 2 minutos. A renovação da solução durante o procedimento é fundamental para compensar a perda de cloro ativo e manter a eficácia da irrigação.

Para aprimorar os efeitos do NaOCl, também se recomenda o aquecimento da solução, que eleva sua taxa de reação, além da ativação mecânica, que contribui para um melhor desbridamento do sistema de canais. A associação com substâncias

como dicloridrato de octenidina, agentes tensoativos e quelantes contínuos também demonstrou potencial para aumentar a eficácia antimicrobiana e reduzir a citotoxicidade (Cai et al., 2023).

Apesar de suas vantagens, o hipoclorito de sódio apresenta efeitos colaterais importantes. A extrusão accidental da solução para além do forame apical pode causar irritação dos tecidos periapicais, resultando em inflamação, dor persistente, inchaço e até mesmo defeitos na placa óssea vestibular (Cai et al., 2023).

Além disso, sua forte ação oxidante está associada à citotoxicidade, cuja intensidade é proporcional à concentração utilizada. Sendo o gel de NaOCl uma alternativa para minimizar o risco de extrusão e, consequentemente, reduzir a dor. Ainda, a exposição prolongada a concentrações elevadas pode comprometer a estrutura da dentina, formando a chamada “camada fantasma”, caracterizada por uma superfície rica em apatita e pobre em colágeno. No entanto, foi relatado que a aplicação de NaOCl a 2,5% por um minuto não promove alterações significativas na estrutura dentinária.

Portanto, a literatura evidencia que o hipoclorito de sódio é um irrigante eficaz para a desinfecção e limpeza do sistema de canais radiculares, sendo essencial o correto manejo de sua concentração, tempo de exposição e técnicas associadas para maximizar seus benefícios e minimizar seus efeitos colaterais.

4.5 Endo-ptc

Entre as substâncias químicas auxiliares utilizadas na Endodontia, o creme Endo-PTC tem função lubrificante, facilitando a inserção dos instrumentos endodônticos ao reduzir o atrito com as paredes do canal radicular. Sua composição inclui peróxido de ureia, Tween 80 e Carbowax. Quando associado ao hipoclorito de sódio (NaOCl), essa combinação apresenta efeito antimicrobiano mesmo na presença de matéria orgânica, devido à liberação de oxigênio nascente e compostos clorados reativos, que promovem uma ação efervescente com efeito mecânico, auxiliando na remoção dos detritos Rodrigues et al (2015). Essa interação também favorece a permeabilidade da dentina, potencializando a ação antimicrobiana. Com a reformulação da base veiculante, surgiu o Endo-PTC Light, de menor viscosidade,

embora ainda não existam evidências conclusivas sobre sua eficácia na remoção da smear layer. Estudos com microscopia eletrônica de varredura (MEV) têm comparado ambas as versões associadas ao uso de NaOCl 2,5% e EDTA 17%, sugerindo a importância da associação do EDTA na remoção mais eficiente da camada residual Rodrigues et al (2015).

4.6 Clorexidina: mecanismos de ação e aplicação clínicas

Segundo Borgo et al. (2020), devido à sua ação antimicrobiana de amplo espectro, a clorexidina passou a ser considerada uma solução alternativa de irrigação para o preparo de canais radiculares. Ela apresenta características vantajosas como boa desinfecção dos túbulos dentinários, adsorção dentária, alta substantividade (capacidade de se fixar aos tecidos dentais e manter sua ação por mais tempo) e baixa toxicidade. No entanto, por não possuir ação solvente sobre tecidos orgânicos, como o hipoclorito de sódio, alguns autores desaconselham seu uso como solução principal durante o tratamento endodôntico.

Ruksakiet et al. (2020) complementa afirmando que a ação da clorexidina varia de acordo com a concentração: concentrações mais altas apresentam efeito bactericida, enquanto concentrações mais baixas exercem apenas efeito bacteriostático.

Já Alghamdi et al. (2024) descreve seu mecanismo de ação, destacando que a clorexidina é composta por moléculas de bis-biguanidas catiônicas. Essa estrutura permite que ela interaja com componentes da membrana celular bacteriana, como lipopolissacarídeos e fosfolipídios, causando danos à estrutura da membrana. Isso permite sua penetração na célula, levando a alterações intracelulares como a coagulação do citoplasma, o que justifica sua maior eficácia contra bactérias Gram-positivas.

Apesar das vantagens, a clorexidina também possui limitações. De acordo com Santana et al. (2020), a principal desvantagem está relacionada à sua baixa capacidade de dissolver tecidos orgânicos, o que pode gerar acúmulo de resíduos nas paredes dentinárias e comprometer a obturação.

Por conta das boas propriedades tanto da clorexidina quanto do hipoclorito, pode parecer interessante combiná-los em um único protocolo de irrigação. No

entanto, Santana et al. (2020) alerta que essa associação pode gerar reações indesejáveis, como a formação de paracloroanilina — um subproduto tóxico com potencial efeito patológico. Além disso, a mistura forma um precipitado marrom-alaranjado que pode manchar e obliterar os túbulos dentinários.

Ruksakiet et al. (2020) reforça que esses precipitados comprometem a limpeza do canal e recomenda a realização de uma irrigação intermediária, caso se opte por usar ambas as substâncias em momentos distintos do tratamento.

Uma das inovações mais relevantes no uso da clorexidina foi o desenvolvimento de sua formulação em gel. Conforme relatado por Santana et al. (2020), o gel de clorexidina apresenta ação lubrificante durante a instrumentação do canal, facilitando o avanço dos instrumentos em canais estreitos ou calcificados. Essa forma permite também maior tempo de contato com os microrganismos, o que potencializa sua ação antimicrobiana.

4.7 Smear layer e sua interferência na obturação final

Segundo Lakshmaiah et al. (2023), os canais radiculares possuem uma anatomia naturalmente complexa, o que dificulta tanto a desinfecção quanto a modelagem adequada durante o tratamento endodôntico. Para que o procedimento seja bem-sucedido, é essencial garantir uma limpeza eficiente do canal, preservando a integridade da dentina. Além da eliminação de microrganismos, a remoção da smear layer também deve ser considerada, já que sua presença pode comprometer as propriedades mecânicas da dentina e prejudicar a vedação entre o material obturador e as paredes do canal. Muitos irrigantes com bom desempenho antimicrobiano apresentam limitações na remoção dessa camada. Santana et al. (2020) acrescentam que a smear layer é composta por resíduos de dentina desgastada, tecido pulpar e prolongamentos de odontoblastos. Em dentes contaminados por saliva ou bactérias, essa camada se torna uma barreira superficial que obstrui os túbulos dentinários, dificultando a ação de medicamentos intracanaís.

4.8 Quelantes utilizados na remoção de camada de esfregaço

O EDTA, ou ácido etilenodiaminotetraacético, é um dos quelantes mais utilizados em odontologia. De acordo com Santana et al. (2020), ele pode ser encontrado em forma de gel ou solução líquida, apresentando coloração branca, textura cristalina e sendo inodoro. Como não possui boa solubilidade em água, passou a ser manipulado na forma de sais como EDTA dissódico, trissódico ou tetrassódico, com a adição de hidróxido de sódio. Essa adaptação aumenta sua solubilidade e reduz a acidez da molécula, o que melhora sua ação clínica.

Esse agente atua capturando os íons cálcio da dentina, formando compostos solúveis que promovem uma descalcificação controlada. A reação ocorre numa proporção de um para um, o que resulta na exposição dos túbulos, amolecimento da dentina e alteração de sua estrutura colágena. O EDTA é eficaz na remoção da smear layer gerada durante o preparo químico-mecânico, mas sua ação depende da substituição frequente da solução para evitar saturação e manter a atividade quelante.

A concentração mais comum nas formulações comerciais varia entre 5% e 24%, sendo a de 17% a mais utilizada. Normalmente, é aplicado como irrigante final, após o uso do hipoclorito de sódio, e também pode ser útil em retratamentos, facilitando a remoção de obturações antigas e resíduos intracanal (Silvia e Albino, 2022).

Apesar dos benefícios, o uso prolongado ou em grandes volumes pode gerar efeitos colaterais. Entre eles estão a erosão da dentina peritubular e intratubular, perda de rigidez e fragilidade radicular. Quando ultrapassa o forame apical, o EDTA pode causar necrose, apoptose, inflamação e outros efeitos citotóxicos nos tecidos periapicais (Santana et al., 2020). Também se observam alterações como o alargamento dos túbulos e desnaturação do colágeno, o que pode dificultar a adesão do material obturador.

Silvia e Albino (2022) destacam que ainda não há um consenso sobre o tempo ideal de uso do EDTA, com recomendações variando entre 1 a 15 minutos, o que exige cautela por parte do profissional para evitar efeitos adversos.

Como alternativa, outras substâncias com potencial quelante e menor toxicidade vem sendo investigadas. Entre elas, destacam-se os ácidos fracos, como o ácido cítrico e o ácido maleico. O primeiro pode ser usado em concentrações de

10% a 50%, enquanto o segundo varia entre 5% e 7% (Kaushal, Bansal e Malhan, 2020).

O ácido cítrico (AC), por sua vez, é um composto orgânico, solúvel em água e com estrutura cristalina. Ele apresenta ação antimicrobiana e desmineralizante, sendo aplicado principalmente na remoção da smear layer após a instrumentação. Sua atuação também envolve a reação com íons cálcio, formando complexos que favorecem a limpeza das paredes do canal (Kaushal, Bansal e Malhan, 2020).

Mesmo tendo pH ácido, o que pode causar irritação se extravasar para tecidos adjacentes, esse problema pode ser minimizado com o uso do AC na forma de citrato de sódio, que possui pH neutro e maior compatibilidade biológica. Fora da endodontia, o ácido cítrico também é aplicado em superfícies radiculares comprometidas por doença periodontal, devido à sua boa estabilidade química e propriedades antimicrobianas.

As concentrações relatadas na literatura variam bastante, entre 1% e 50%, com tendência ao uso de soluções menos concentradas para reduzir efeitos adversos. No entanto, há relatos de eficácia também em faixas mais altas, como 10% a 50%. Comparado ao EDTA, o ácido cítrico demonstra desempenho semelhante na remoção da smear layer, mas com menor toxicidade, o que faz dele uma opção promissora para o uso clínico (Silvia e Albino, 2022).

4.9 Substâncias alternativas

O interesse por irrigantes naturais tem crescido significativamente, impulsionado pela busca por alternativas menos tóxicas, acessíveis e com bons resultados clínicos. A fitoterapia tem evoluído como ciência, e diversas plantas vêm sendo estudadas quanto ao seu potencial terapêutico na Odontologia Borzini et al.(2016). Entre essas alternativas estão a *Uncaria tomentosa*, própolis, vinagre de maçã, óleos essenciais e extratos de frutas medicinais.

A *Uncaria tomentosa*, conhecida popularmente como “unha de gato”, apresenta propriedades anti-inflamatórias, antivirais, antibacterianas e antioxidantes. Possui baixa toxicidade e sua ação antimicrobiana pode estar relacionada à presença de triterpenos e glicoides Borzini et al. (2016). Estudos compararam o gel de *Uncaria tomentosa* a 2% com o de clorexidina a 2% e observaram eficácia semelhante contra

S. aureus, embora a clorexidina se mostrasse superior frente ao *E. faecalis* e *C. albicans*.

O vinagre de maçã, composto por ácidos como acético, málico e cítrico, tem demonstrado ação antimicrobiana contra *E. faecalis* e *S. aureus*, além de apresentar bom desempenho na remoção da smear layer, com efeitos comparáveis ao EDTA Santana et al.(2020). Sua ação é atribuída à redução da tensão superficial e à capacidade de modificar a permeabilidade da dentina (Santana et al. 2020 Borzini et al. 2016).

O própolis é outro agente natural amplamente estudado. Rico em flavonoides, ele apresenta ação antimicrobiana eficaz contra *S. mutans*, *E. faecalis*, *Fusobacterium nucleatum*, entre outros. Sua ação tem sido comparável a medicamentos intracanais tradicionais, como o hidróxido de cálcio e o formocresol.

Já o extrato de *Zingiber officinale* (gengibre), especialmente os compostos [10]- gingerol e [12]-gingerol, mostrou eficácia contra anaeróbios como *P. gingivalis* e *Prevotella intermedia*, com desempenho semelhante ao hipoclorito de sódio e à clorexidina. Borzini et al.(2016).

Entre os óleos essenciais, destacam-se os de cravo, tomilho, orégano, *Myrtus communis* e *Cupressus lusitanica*. Esses compostos apresentam potente ação antibacteriana e antifúngica, sendo capazes de desestabilizar a membrana celular bacteriana por meio de seus componentes fenólicos, como o eugenol. O óleo de cravo, em especial, demonstrou atividade contra bactérias Gram-positivas e negativas, sem ser inativado por diluição Borzini et al.(2016).

O extrato de óleo de rícino (*Ricinus communis*) também tem se mostrado promissor como irrigante, devido à sua ação detergente, biocompatibilidade e capacidade de reduzir a presença de *E. coli* e *E. faecalis* durante a instrumentação biomecânica Borzini et al.(2016).

Estudos também indicam que a combinação de extratos como *Azadirachta indica* (nim) e *Citrus limon* pode ter ação sinérgica na remoção da smear layer, sendo especialmente eficaz nos terços médio e apical dos canais radiculares Meyappan et al.(2023). Esses extratos naturais se mostraram tão eficazes quanto soluções tradicionais como EDTA e clorexidina em testes laboratoriais, com o diferencial de serem menos agressivos aos tecidos Meyappan et al. (2023).

Por fim, os extratos de *Punica granatum* (romã) e *Emblica officinalis* contêm taninos, flavonoides e polifenóis com ação antimicrobiana. Ambos foram capazes de remover a smear layer e inibir microrganismos relevantes na infecção endodôntica, sendo considerados alternativas promissoras Lakshaiah et al.(2023).

Além dos irrigantes tradicionais e dos naturais já bem estabelecidos, novas substâncias alternativas vêm sendo exploradas com foco na descontaminação eficiente dos canais radiculares, ampliando as possibilidades terapêuticas em Endodontia.

O iodo, por exemplo, vem sendo utilizado na prática endodôntica desde 1979 e se destaca por sua ação antimicrobiana de amplo espectro, incluindo atividade bactericida, fungicida, virucida e esporicida. O uso do iodeto de potássio a 2% (IPI) tem se mostrado menos tóxico que compostos como cresatina e formocresol, o que o torna uma opção promissora segundo Alghamdi (2024).

A *Curcuma longa* (açafrão-da-terra), pertencente à família Zingiberaceae, tem como principal composto ativo a curcumina, responsável por propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas. Ensaios mostraram sua eficácia contra *Enterococcus faecalis*, apontando-a como um recurso viável e seguro para uso intracanal conforme Alghamdi (2024).

Entre as formulações tradicionais à base de plantas, destaca-se a Triphala – combinação de *Emblica officinalis*, *Terminalia chebula* e *Terminalia bellerica* – cujo componente ativo é o ácido tânico. Com propriedades bactericidas, baixo custo e baixa toxicidade, a Triphala se mostra uma alternativa acessível e estável, especialmente em países que utilizam a medicina ayurvédica segundo Alghamdi (2024).

No campo das substâncias sintéticas, a alexidina (ALX) vem ganhando notoriedade por apresentar maior afinidade por estruturas bacterianas como LPS e LTA, o que contribui para uma ação mais eficaz contra *E. faecalis*, superando a substantividade da clorexidina tradicional, conforme Dent (2018). Já a cetrimida (CTR), um composto de amônio quaternário, atua como detergente catiônico, sendo eficaz contra microrganismos Gram-positivos e Gram-negativos, segundo Nimmy (2022).

O fluoreto de sódio (NaF), conhecido por seu papel na prevenção da cárie, também tem sido testado como irrigante endodôntico. Seu potencial se destaca pela

afinidade com tecidos mineralizados e pela capacidade de melhorar a microdureza da dentina e sua resistência estrutural, de acordo com Kulkarni (2020).

A água oxidante eletrolisada (EO), por sua vez, é composta principalmente por ácido hipocloroso (HOCl), que possui elevado potencial redox. Por ser eletricamente neutro, o HOCl consegue penetrar mais facilmente na parede celular bacteriana, o que pode torná-lo mais eficaz do que o íon hipoclorito, como descreve Hsieh (2020).

Dent (2023) diz que a ozonioterapia consiste na utilização de uma mistura de oxigênio e ozônio (O_3), um gás natural com elevado potencial oxidante e seletivo, aplicada para fins terapêuticos. O princípio de ação baseia-se na rápida dissociação do O_3 em meio aquoso, liberando formas reativas de oxigênio capazes de oxidar estruturas celulares, conferindo atividade antimicrobiana sem induzir resistência medicamentosa. Apesar desse potencial, a principal limitação do método é a instabilidade da concentração do ozônio ao longo do tempo. Nesse contexto, a água ozonizada apresenta características promissoras, como propriedades desinfetantes e biocompatibilidade, embora ainda sejam necessárias mais pesquisas para confirmar sua efetividade clínica.

O ácido etidrônico (HEDP), presente em formulações como o Dual Rinse® HEDP, atua como um agente quelante que pode ser associado ao NaOCl sem comprometer sua ação antimicrobiana, além de contribuir na remoção da smear layer, conforme relatado por Belkadi (2024).

De acordo com borzini et al (2016.) O MTAD é uma solução de irrigação final composta por doxiciclina (um isômero da tetraciclina, na concentração de 150 mg/5 ml), ácido cítrico e o detergente Tween 80. Esse agente foi introduzido com a proposta de eliminar microrganismos resistentes aos irrigantes endodônticos convencionais. Sua atividade antimicrobiana não está restrita à ação isolada da doxiciclina, mas resulta do efeito sinérgico entre seus componentes. A doxiciclina apresenta eficácia contra isolados clínicos de *Enterococcus faecalis*, enquanto o ácido cítrico atua na remoção da smear layer, e o surfactante favorece a penetração da medicação nos túbulos dentinários. No entanto, alguns estudos relatam que o MTAD

não demonstrou efetividade satisfatória na desorganização e remoção de biofilmes de *E. faecalis*.

Entre os biopolímeros investigados, a quitosana se destaca por sua ampla atividade antimicrobiana, antifúngica, antiviral e quelante. Seu mecanismo de ação ocorre por meio de ligações eletrostáticas com a parede celular bacteriana, promovendo alteração de permeabilidade e morte celular. A utilização de nanopartículas de quitosana tem potencializado ainda mais sua eficácia em endodontia segundo Belkadi (2024).

Por fim, os fatores de crescimento vêm sendo estudados com ênfase na regeneração tecidual. O TGF- β 1 (fator de transformação do crescimento beta 1) é uma citocina chave na regulação da diferenciação celular e da formação da matriz extracelular, desempenhando papel importante na reparação da polpa dentária e na indução da dentinogênese, conforme descrito por Belkadi (2024).

4.10 Efeitos que afetam a ação dos irrigantes

Entre os fatores físicos que afetam a ação dos irrigantes endodônticos, a tensão superficial e a viscosidade se destacam por influenciarem diretamente a capacidade de penetração da substância nos túbulos dentinários e sua difusão pela dentina Res et al(2015). A viscosidade representa a resistência do fluido ao escoamento, e quando associada a altos níveis de tensão superficial, pode dificultar a distribuição do hipoclorito de sódio (NaOCl) no interior dos canais, comprometendo seu potencial antimicrobiano.

A molhabilidade, ou seja, a habilidade de o irrigante se espalhar sobre a dentina, está diretamente associada à tensão superficial. A introdução de surfactantes pode favorecer essa propriedade ao reduzir a tensão até o ponto crítico de micelização, aumentando a adesão do irrigante à estrutura dentinária. Além disso, a viscosidade tende a diminuir com o aumento da temperatura, o que favorece a penetração em canais mais estreitos e potencializa a eficácia da irrigação Res et al (2015).

Considerando o padrão de fluxo laminar presente nos canais radiculares, a equação de Poiseuille pode ser usada para estimar a viscosidade do irrigante em comparação com fluidos padrões, como a água. Há evidências de que alterações na

temperatura do NaOCl modificam sua viscosidade e, por consequência, seu desempenho clínico Res et al (2015).

Outro aspecto relevante é o volume da solução empregada durante a instrumentação e irrigação final. Um estudo padronizou diferentes volumes e técnicas, observando que a utilização de até 25 mL de NaOCl a 5% em conjunto com EDTA 17% promoveu uma maior redução da microdureza da dentina, sem comprometimento estrutural significativo Res et al (2015).

Métodos que utilizam sistemas com pressão negativa ou ativação ultrassônica costumam demandar volumes mais elevados quando comparados à irrigação convencional com agulha, devido à pressão intrabarril e maior alcance nos canais laterais. No entanto, mesmo com maior volume e tempo de contato, a redução adicional na microdureza não foi significativa em relação a métodos isolados, sugerindo um limite de eficácia Res et al (2015).

Esses dados evidenciam a importância de se padronizar fatores como volume, temperatura e tempo de ação da substância irrigadora para alcançar um equilíbrio entre desinfecção eficaz e preservação da dentina.

4.11 Técnicas que melhoram a irrigação

A escolha da técnica de irrigação influencia diretamente o sucesso da desinfecção intracanal. A irrigação convencional com seringa e agulha ainda é amplamente utilizada, desde que se respeitem boas práticas como uso de agulhas adequadas (entre 25 e 30G), inserção passiva sem pressão e manutenção de espaço para refluxo, evitando extrusões periapicais Ali et al (2022). A agulha deve ser posicionada próxima ao local desejado e levemente recuada antes da irrigação. Neste contexto, o volume de irrigante utilizado parece ser mais relevante que sua concentração.

Agulhas de menor calibre, como 27G e 30G, são preferidas pela flexibilidade e maior capacidade de inserção, embora apresentem limitações em alcançar o ápice devido à formação de áreas de estagnação. Para contornar esse problema, novos modelos foram desenvolvidos com fluxo reverso e maior ergonomia. As seringas mais indicadas são as de 1 a 5 mL com sistema Luer-Lok, por oferecerem maior segurança

e controle de pressão. Também é recomendável o uso de seringas separadas para diferentes irrigantes, evitando reações químicas indesejadas Ali et al (2022).

Os pincéis endodônticos, como o NaviTip FX, revestidos por cerdas, mostraram melhor desempenho na remoção de resíduos, especialmente na porção coronária, quando comparados às agulhas lisas Ali et al (2022).

A irrigação manual ainda é comum e pode ser intensificada por técnicas de agitação com pontas de guta-percha, que aumentam o contato da solução com as paredes do canal. O movimento de empurra-puxa melhora a ação do irrigante, embora sua aplicação exija maior esforço do operador Ali et al (2022).

Escovas rotatórias, como o Canal Brush e o pincel Ruddle, quando acopladas a instrumentos rotatórios, permitem a limpeza mecânica de regiões mais complexas do canal. A rotação controlada das cerdas, em torno de 300 rpm, contribui para desalojar detritos aderidos, otimizando a descontaminação Ali et al (2022).

A ativação do irrigante por meio de energia sônica ou ultrassônica trouxe avanços importantes. O EndoActivator utiliza vibrações sônicas para movimentar o líquido dentro do canal, enquanto a irrigação ultrassônica passiva (PUI) promove cavitação e forças de cisalhamento que melhoram a remoção de detritos. No entanto, o bloqueio de vapor ainda pode limitar o alcance da solução nas regiões apicais Ali et al (2022).

Métodos que utilizam pressão negativa, como o EndoVac e o RinsEndo, controlam o fluxo do irrigante sem risco de extrusão. O EndoVac, por exemplo, emprega microcânulas com múltiplos orifícios para aspirar a solução de forma contínua, resultando em melhor limpeza apical e menor acúmulo de resíduos, quando comparado à irrigação convencional com agulha Ali et al (2022). o na remoção microbiana.

4.12. Efeito da nanotecnologia

A nanotecnologia tem se destacado como uma alternativa inovadora no combate às infecções endodônticas, principalmente pela sua habilidade de alcançar áreas de difícil acesso, como os túbulos dentinários, além de romper biofilmes e atuar contra microrganismos resistentes. Entre as nanopartículas com atividade

antimicrobiana já exploradas, destacam-se aquelas compostas por prata, óxido de zinco e quitosana. Apesar do potencial promissor, ainda existem limitações relacionadas à toxicidade, especialmente no caso das nanopartículas de prata, e à necessidade de tempo de contato prolongado para garantir a efetividade Bukari et al (2019).

Mais recentemente, estudos passaram a investigar o uso de nanopartículas de óxido de ferro (Fe_3O_4), que, além de apresentarem boa compatibilidade biológica, demonstraram efeito significativo na desorganização de biofilmes. Essas partículas atuam como catalisadores na ativação do peróxido de hidrogênio (H_2O_2), acelerando a produção de radicais livres em ambientes ácidos, o que aumenta substancialmente a eficácia antimicrobiana. Dessa forma, compostos como o H_2O_2 , que isoladamente apresentam ação limitada, têm sua atividade potencializada quando combinados a essas nanopartículas Bukari et al (2019).

As nanopartículas de prata (Ag NPs) vêm sendo amplamente testadas na Endodontia e mostraram bons resultados na redução de *Enterococcus faecalis*, especialmente quando utilizadas em concentrações de 1 a 5% e tamanhos entre 5 e 20 nm. Seu efeito antimicrobiano se deve à liberação de íons que interagem com a membrana celular das bactérias, provocando alterações estruturais e metabólicas, culminando em morte celular Almeida et al (2018).

Entretanto, a eficácia das Ag NPs pode variar bastante. Em algumas situações, como em concentrações muito baixas (0,1%) e tempo de exposição reduzido (2 minutos), sua ação contra biofilmes estabelecidos foi quase nula, apresentando resultados semelhantes à irrigação com solução salina. Isso sugere que tanto a concentração quanto o tempo de permanência no canal são determinantes para a efetividade. Já quando utilizadas em concentrações maiores, como 1%, e por pelo menos cinco minutos, os efeitos observados foram mais expressivos Almeida et al (2018).

Nanopartículas de óxido de zinco (ZnO NPs) também têm sido estudadas, e em concentrações como 26% mostraram atividade contra *E. faecalis*, mesmo em biofilmes mais maduros. Partículas com menor diâmetro, como as de 45 nm, parecem promover maior dano à parede celular bacteriana, aumentando a permeabilidade e induzindo à morte celular. No entanto, a densidade e resistência da matriz extracelular

do biofilme podem dificultar a ação das NPs, além do tempo de irrigação ser, muitas vezes, insuficiente para um efeito bactericida completo Almeida et al (2018).

Apesar dos resultados encorajadores, o uso clínico das nanopartículas ainda exige prudência. Estudos sobre citotoxicidade apontam que fatores como o tamanho, a superfície das partículas e a quantidade de metal liberado influenciam significativamente os efeitos sobre as células humanas. Além disso, o tipo celular avaliado também interfere na resposta observada Almeida et al (2018).

Portanto, mesmo com o potencial demonstrado por nanopartículas de prata e zinco como soluções irrigadoras ou como medicações intracanaís, são necessários mais estudos que avaliem sua eficácia em protocolos com tempo de ação prolongado, além de sua segurança para os tecidos periapicais e estruturas adjacentes.

5 DISCUSSÃO

O sucesso do tratamento endodôntico está diretamente relacionado à capacidade de eliminar microrganismos do sistema de canais radiculares e prevenir sua recolonização. Mesmo que a instrumentação mecânica seja essencial para a redução do nível de microrganismos, diversos estudos mostram que ela, isoladamente, não é capaz de promover a completa desinfecção devido à complexidade anatômica do sistema de canais e à presença de biofilmes resistentes de acordo com Borzini et al 2016; Mohammadi et al 2017.

Passinho et al 2020; Alghamdi et al 2024 nos mostram que o uso de substâncias químicas auxiliares com propriedades antimicrobianas torna-se indispensável para complementar o preparo químico-mecânico, favorecendo a remoção de detritos, a dissolução de tecido orgânico e a eliminação de microrganismos resistentes. A escolha do irrigante deve considerar características como biocompatibilidade, baixa tensão superficial, ausência de interação química com materiais obturadores e eficácia contra diferentes formas de crescimento microbiano.

Além disso, a associação adequada entre instrumentação e irrigação potencializa a limpeza e a modelagem dos canais, etapas fundamentais para permitir a obturação tridimensional e garantir o selamento hermético do sistema radicular, prevenindo a reinfecção e favorecendo a reparação tecidual descrito por Schilder 1974; Santana et al 2020.

Entre as diferentes substâncias químicas auxiliares disponíveis para a irrigação endodôntica, o hipoclorito de sódio (NaOCl) é citado na literatura na maioria dos casos como o irrigante mais utilizado e considerado o padrão ouro do tratamento. Sua popularidade decorre da combinação de alta eficácia antimicrobiana e capacidade de dissolver tecidos orgânicos e necróticos, características essenciais para a desinfecção do sistema de canais radiculares (Cai et al 2023; Borgo et al 2020; Ruksakiet et al 2020). Estudos apontam que, mesmo frente a alternativas como a clorexidina, o NaOCl apresenta desempenho superior contra biofilmes resistentes, como os formados por *Enterococcus faecalis* como é apresentado pelo Borzini et al 2016. Sua ação se dá por múltiplos mecanismos, incluindo alterações no metabolismo celular, destruição de fosfolipídios, formação de cloraminas e inativação enzimática irreversível de microrganismos, além da degradação de lipídios e ácidos graxos

descreve Joachim et al 2023; Panini 2017. Por reunir propriedades como pH alcalino, baixa tensão superficial e ampla atividade bacteriostática, o NaOCl permanece como a solução irrigadora de escolha para endodontistas e clínicos gerais em diferentes concentrações (Santana et al 2020; Indolo et al 2019).

Muitos autores mostram em estudos o NaOCl como irrigante de referência por combinar ampla atividade antimicrobiana e capacidade de dissolução de tecido orgânico há mais de sete décadas como Cai et al 2023; Borgo et al 2020; Mohammadi et al 2017; Ali et al 2022. Seu mecanismo envolve pH alcalino, formação de cloraminas e ação oxidativa, culminando em inativação enzimática e danos a lipídios e proteínas de membrana diz Camona 2017; Joachim et al 2023. Em termos clínicos, isso se traduz em eficácia contra biofilmes e patógenos relevantes, inclusive *Enterococcus faecalis* e endotoxinas, ainda que a maturação do biofilme e o estado nutricional celular possam reduzir a responsividade ao irrigante apresentado pelas pesquisas de Giardino et al 2006; Borzini et al 2016; Alghamdi et al 2024.

Apesar do consenso sobre a efetividade, permanece o debate quanto à concentração ideal. Concentrações mais altas (2,5–5,25%) tendem a potencializar a dissolução tecidual, como mostram os ensaios clássicos de Radcliffe et al 2004; Gomes et al 2001. Por outro lado, a elevação da concentração se associa a maior citotoxicidade e risco de irritação periapical, exigindo equilíbrio entre potência antimicrobiana e biocompatibilidade de acordo com Byström & Sundqvist 1983; Ruksakiet et al 2020; Mohammadi et al 2017. Na prática, eventos adversos como extrusão acidental podem causar dor e edema, e embora rara, há descrição de hipersensibilidade ao NaOCl Borgo et al 2020; Ali et al 2022 afirmam. Acrescenta-se que a reação do hipoclorito com matéria orgânica pode gerar subprodutos (COVs/DBPs), aspecto recentemente destacado e que reforça o uso criterioso apresenta Cai et al 2023.

Outras limitações técnicas também são recorrentes na literatura: o NaOCl não remove a camada de esfregaço, nos explica Kulkarni et al 2020. Além disso, há relatos de alterações estruturais na dentina como por exemplo: deterioração de colágeno/proteoglicanos, redução de microdureza e da resistência mecânica especialmente quando se aumenta concentração e tempo de contato nos apresenta Santana et al 2020; Borzini et al 2016; Drews et al 2023. Também como desvantagem temos o potencial de corrosão de instrumentos, odor/sabor desagradáveis e

genotoxicidade in vitro, todos pontos que demandam controle rigoroso de técnica e exposição é mostrado por Drews et al 2023; Ali et al 2022; Mohammadi et al 2017.

Do ponto de vista clínico-decisório, a literatura recente sugere modular a concentração conforme o diagnóstico pulpar e o risco tecidual: faixas mais baixas (0,5–1%) são geralmente citadas em pulpotomias por maior margem de segurança, enquanto concentrações $\geq 2,5\%$ são preferidas em pulpectomia e quadros com maior carga microbiana, sempre ponderando tempo de exposição e técnica de irrigação de acordo com os estudos de Khoury et al 2024; Ruksakiet et al 2020. Por outro lado alternativas e adjuvantes vêm sendo investigados como: clorexidina, hipoclorito de cálcio e nanoquitosana, além de opções fitoterápicas visando reduzir efeitos adversos sem perder desempenho antimicrobiano, embora ainda com evidência limitada para substituição plena do NaOCl explica Cherian et al 2024; Lakshmaiah et al 2023.

A clorexidina (CHX) é amplamente reconhecida na odontologia por sua atividade antimicrobiana de amplo espectro e substatividade, características que sustentam seu uso tanto na periodontia quanto na endodontia, seja como irrigante ou como medicação intracanal diz, Borgo et al 2020; Ruksakiet et al 2020. Trata-se de uma bis-biguanida catiônica capaz de se ligar à dentina e manter efeito residual por períodos prolongados, dificultando a recolonização bacteriana após o tratamento explica Ferraz et al 2001; Mohammadi et al 2017. Em concentrações mais baixas (0,1–0,2%), apresenta efeito bacteriostático, enquanto em concentrações de 2% exerce ação bactericida mostra Jain et al 2018. Sua relativa baixa toxicidade, ausência de odor desagradável e estabilidade química reforçam seu potencial clínico, especialmente em casos de hipersensibilidade ao hipoclorito de sódio demonstrou Ali et al 2022.

Estudos clínicos e laboratoriais evidenciam que a CHX a 2% pode apresentar eficácia antimicrobiana semelhante à do NaOCl 5,25% contra diversos patógenos, incluindo *Enterococcus faecalis*, embora em biofilmes maduros e resistentes o NaOCl de alta concentração tenda a apresentar desempenho superior explica Jeansonne &

White 1994; Ercan et al 2004; Lima et al 2013. Sua apresentação em gel, além de proporcionar lubrificação, favorece maior contato com as paredes do canal e pode reduzir a formação de smear layer, mantendo túbulos dentinários mais expostos demonstra Santana et al 2020.

Por outro lado, há limitações importantes que restringem seu uso como irrigante principal. A principal é a incapacidade de dissolver tecidos orgânicos vitais ou necróticos, propriedade fundamental no manejo de casos com necrose pulpar e detritos orgânicos argumenta Borgo et al 2020; Ruksakiet et al 2020. Além disso, quando combinada diretamente com NaOCl, ocorre reação química que forma um precipitado marrom-alaranjado, identificado como para-cloroanilina, associado a potencial citotoxicidade, manchamento dentinário e interferência no selamento obturador, nos explica Santana et al 2020; Khoury et al 2024. Essa interação exige protocolos de irrigação intermediária com água destilada ou solução salina para prevenir a formação do precipitado.

Outro ponto discutido na literatura é que, embora a CHX apresente boa ação contra biofilmes jovens e bactérias planctônicas, seu desempenho pode ser inferior ao NaOCl em condições de biofilme maduro, especialmente frente a *E. faecalis* resistentes informa Borzini et al 2016. Ainda assim, sua substantividade prolongada, efeito lubrificante, manutenção da microdureza dentinária e ausência de corrosão de instrumentos cirúrgicos a tornam um irrigante valioso como solução final após o uso de agentes com capacidade de dissolução tecidual, ou em casos específicos nos quais o NaOCl é contraindicado.

Em síntese, a clorexidina ocupa um espaço importante como irrigante endodôntico complementar, sendo reconhecida por sua segurança, ampla ação antimicrobiana e substantividade. No entanto, sua limitação na dissolução de tecidos e as interações indesejáveis com NaOCl reforçam a necessidade de protocolos clínicos bem definidos para maximizar benefícios e minimizar riscos.

Os agentes quelantes desempenham um papel essencial na terapia endodôntica, especialmente na remoção da smear layer e de detritos inorgânicos remanescentes após a instrumentação do canal radicular. Entre eles, o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) a 17% é amplamente reconhecido como padrão, atuando por meio da quelação de íons cálcio e promovendo uma desmineralização superficial de aproximadamente 20 a 30 µm mostra Santana et al 2020; Kaushal et al 2020. Tal efeito aumenta a permeabilidade dentinária e favorece a penetração de irrigantes e cimentos obturadores, melhorando o selamento apical argumenta Zivanovic et al 2019. Apesar disso, o EDTA não apresenta ação antimicrobiana significativa, sendo recomendado seu uso alternado ou complementar com soluções

proteolíticas, como o hipoclorito de sódio, a fim de promover a remoção simultânea de componentes orgânicos e inorgânicos do sistema de canais radiculares afirma Soares et al 2010; Khoury et al 2024.

A literatura enfatiza que o tempo de contato do EDTA deve ser restrito não excedendo um minuto para evitar efeitos adversos como erosão dentinária, amolecimento da estrutura e redução de sua resistência mecânica demonstrou Darda et al 2014; Mafra et al 2017. A exposição prolongada pode resultar na dissolução da dentina peri e intratubular, fragilizando a raiz e aumentando o risco de fraturas mostra os esdutos de Khedmat & Shokouhinejad 2008. Outro cuidado clínico relevante é evitar sua mistura direta com o NaOCl, uma vez que ocorre redução imediata do cloro ativo, comprometendo a eficácia antimicrobiana desta solução, explica Khoury et al 2024.

Na busca por alternativas mais biocompatíveis, agentes como o ácido cítrico (10–50%) e o ácido maleico (5–7%) têm sido estudados, ambos demonstrando eficácia comparável ao EDTA na remoção da smear layer mostra Camona 2017; Miranda et al 2017. O ácido cítrico, em especial, é descrito como mais seguro em concentrações moderadas, embora seu pH ácido possa causar irritação tecidual se não ajustado afirma Miranda et al 2017. Já o ácido maleico apresenta ação rápida contra *Enterococcus faecalis* em suspensão, mas seu desempenho contra biofilmes multiespécies ainda é limitado desmotrou Kaushal et al 2020. O ácido peracético (2,25%) destaca-se por unir propriedades desmineralizantes a uma forte ação antimicrobiana, sendo proposto como irrigante final após o NaOCl confirma Khoury et al 2024.

Nos últimos anos, soluções combinadas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de reunir propriedades antimicrobianas e de remoção de smear layer em um único irrigante. O MTAD (doxíciclina, ácido cítrico e detergente) e o QMix (EDTA, clorexidina e detergente) são exemplos dessa abordagem fala Meyappan et al 2023; Darcey et al 2016). Enquanto o MTAD apresenta boa biocompatibilidade e ação contra alguns patógenos, sua eficácia contra *E. faecalis* é controversa e existe o risco potencial de resistência bacteriana à tetraciclina explica Borzini et al 2016. O QMix, por sua vez, mostrou-se comparável ao NaOCl contra *E. faecalis* e superior à clorexidina frente a biofilmes de placa mista, além de apresentar boa capacidade de remoção da smear layer mostra Neelakantan et al 2017 em seus estudos.

Alternativas incluem o Tetraclean, formulação semelhante ao MTAD, porém com menor concentração de antibiótico e detergente diferente, demonstrando desempenho superior contra biofilmes *in vitro* Neelakantan et al 2017. Já o ácido etidrônico (HEBP) se destaca por ser um quelante fraco compatível com o NaOCl, permitindo protocolos de quelação contínua durante toda a instrumentação sem perda significativa da ação proteolítica e antimicrobiana do hipoclorito, embora sua ação descalcificante seja mais lenta do que a do EDTA afirma Ali et al 2022.

Em síntese, o EDTA permanece como referência para remoção da smear layer, mas suas limitações como ausência de ação antimicrobiana e potencial erosivo estimulam a pesquisa por alternativas mais seguras. A escolha do agente quelante ou da solução combinada deve considerar fatores como biocompatibilidade, tempo de contato, sequência de irrigação e perfil microbiano do caso, sempre com o objetivo de maximizar a limpeza do sistema de canais radiculares e minimizar danos à estrutura dentária.

O interesse em substâncias naturais como irrigantes endodônticos tem crescido de forma consistente nos últimos anos, principalmente devido à busca por alternativas mais biocompatíveis e com menor toxicidade em comparação aos agentes convencionais. A fitoterapia e os óleos essenciais surgem, nesse contexto, como potenciais aliados na desinfecção do sistema de canais radiculares. Diversos estudos têm demonstrado resultados promissores *in vitro*, embora ainda haja limitações quanto à sua aplicação clínica explica Khoury et al 2024; Duarte et al 2024.

Entre os fitoterápicos, a *Uncaria tomentosa* (unha de gato) destaca-se por suas propriedades anti-inflamatórias e antimicrobianas. Seu gel a 2% demonstrou atividade semelhante à clorexidina frente a *S. aureus*, mas inferior no controle de *E. faecalis* e *C. albicans*. Outro agente frequentemente estudado é o vinagre de maçã, que se mostrou comparável ao EDTA na remoção da smear layer, além de apresentar ação antimicrobiana contra patógenos relevantes, como *E. faecalis* e *S. aureus*. Seu baixo custo e caráter biodegradável reforçam o interesse como alternativa viável demonstrou em seus estudos Santana et al 2020.

Extratos vegetais, como os obtidos da aroeira (*Schinus terebintifolius*) e da quixabeira (*Syderoxylum obtusifolium*), também apresentaram atividade antimicrobiana significativa contra *E. faecalis*, com resultados comparáveis a NaOCl 2,5% e clorexidina 0,12%. Já o própolis e o gengibre (*Zingiber officinale*) revelaram

potencial antimicrobiano e ação sobre endotoxinas, ainda que, em alguns estudos, tenham sido menos eficazes do que o hidróxido de cálcio na neutralização dessas toxinas. O óleo de rícino (*Ricinus communis*), por sua vez, demonstrou não apenas atividade antimicrobiana, mas também biocompatibilidade e propriedades detergentes, exibindo desempenho semelhante ao NaOCl em concentrações mais baixas.

Os óleos essenciais, como os de cravo, tomilho, orégano e mirto, têm sido consistentemente avaliados por seu efeito antimicrobiano. O eugenol, presente em altas concentrações no óleo de cravo, é apontado como um dos compostos mais eficazes, devido à sua capacidade de desorganizar a membrana celular bacteriana. A cúrcuma (*Curcuma longa*), com sua curcumina, também apresentou resultados positivos frente a *E. faecalis*, assim como o preparado ayurvédico Triphala, que reúne frutos ricos em ácido tânico e tem se mostrado promissor pelo efeito antimicrobiano e baixo custo.

Apesar desses avanços, a literatura ainda não é consensual. Muitos extratos naturais apresentam eficácia antimicrobiana inferior quando comparados ao hipoclorito de sódio e à clorexidina, sobretudo frente a microrganismos resistentes como *E. faecalis*. Além disso, sua capacidade de remoção da smear layer é geralmente menor que a de agentes quelantes tradicionais, como o EDTA ou soluções combinadas (MTAD). Outro ponto de divergência é a escassez de estudos clínicos, já que a maioria das evidências disponíveis provém de experimentos laboratoriais *in vitro*, o que limita sua extrapolação direta para a prática clínica afirma Meyappan et al 2023.

De maneira geral, observa-se que, embora nenhum irrigante reúna isoladamente todas as propriedades ideais, os diferentes agentes apresentam vantagens específicas que podem ser exploradas conforme a situação clínica. Enquanto substâncias tradicionais, como o hipoclorito de sódio e o EDTA, ainda se mostram indispensáveis, alternativas como a clorexidina e os agentes naturais vêm ganhando relevância, seja pelo perfil antimicrobiano ou pela biocompatibilidade. Assim, o avanço nas pesquisas aponta para a possibilidade de protocolos combinados ou soluções inovadoras que integrem eficácia antimicrobiana, segurança biológica e preservação da estrutura dentinária, indicando que a escolha racional do irrigante deve sempre considerar o equilíbrio entre evidência científica e realidade clínica

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eliminação eficiente de bactérias durante a etapa de limpeza e modelagem do canal radicular é essencial para o êxito do tratamento endodôntico. Ainda que diversos irrigantes esteja disponível, nenhum até o momento demonstrou capacidade de erradicar totalmente os microrganismos presentes no sistema de canais. O hipoclorito de sódio (NaOCl) continua sendo o mais utilizado na rotina clínica por sua ação antimicrobiana e capacidade de dissolução tecidual, embora apresente algumas limitações. Seu desempenho, no entanto, está diretamente relacionado à forma como é utilizado: o volume aplicado, o tempo de permanência no canal e o método de ativação adotado são fatores que podem influenciar diretamente os resultados clínicos Ali et al (2022). Além das limitações inerentes aos próprios irrigantes, muitos estudos laboratoriais não reproduzem com precisão as condições clínicas, o que pode comprometer a aplicabilidade dos resultados. Aspectos como a resistência da dentina, a dinâmica do fluido no interior do canal e as variações de pressão na região periapical são frequentemente desconsiderados, apesar de influenciarem significativamente a distribuição do irrigante. A exposição direta das células às soluções também demanda atenção, especialmente no que diz respeito ao potencial citotóxico, que pode variar conforme a concentração e o pH da substância. Ensaio in vitro como o teste MTT, comumente utilizados para avaliar citotoxicidade, apresentam limitações metodológicas que devem ser levadas em conta. Com isso, torna-se necessário desenvolver pesquisas que empreguem modelos mais próximos da realidade clínica, como sistemas organotípicos de canais radiculares e diferentes métodos de análise biológica, para melhor compreender os efeitos e segurança dessas substâncias Belkadi et al (2024).

7 REFERÊNCIAS

AGRAWAL, Ravneet; MEHRA, Lavina; SINGH, Ramesh; KUMAR, Raman; KUMAR, Manoj. Efeito de diferentes soluções de irrigação na microdureza da dentina do canal radicular — uma revisão sistemática com meta-análise. *Journal of Functional Biomaterials*, Basel, v. 15, n. 5, p. 132, 2024. DOI: 10.3390/jfb15050132. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-4983/15/5/132>. Acesso em: 05 agosto. 2025.

ALGHAMDI, Nuha; DAS, Bhaskar; HUGAR, Santosh I.; SARANGI, Priyanka; GARG, Garima; SUBRAMANI, Savadamoorthi Kamatchi. Comparing the Biofilm Removal Capacity of NaOCl, Povidone-Iodine, Chlorhexidine, Curcumin, and Triphala as Endodontic Irrigants. *Cureus*, [S.l.], v. 16, n. 1, e52067, 2024. Disponível em: <https://www.cureus.com/articles/212623-comparing-the-biofilm-removal-capacity-of-naocl-povidone-iodine-chlorhexidine-curcumin-and-triphala-as-endodontic-irrigants>. Acesso em: 05 agosto. 2025.

AL-HADLAQ, Saad M.; ALMADI, Khalid H. Antimicrobial Efficacy of Various Root Canal Irrigants on *Enterococcus faecalis*: An In Vitro Study. *Australian Endodontic Journal*, [S.l.], v. 44, n. 1, p. 46-51, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/aej.12401>. Acesso em: 05 agosto. 2025.

ALI, Azhar; BHOSALE, Anuradha; PAWAR, Swapnil; KAKTI, Aseet; BICHUPURIA, Anjali; AGWAN, Muhammad A. Tendências atuais em irrigação de canal radicular. *Cureus*, [S.l.], v. 14, n. 7, e295881, jul. 2022. DOI: 10.7759/cureus.95881. Disponível em: <https://www.cureus.com/articles/95881-current-trends-in-root-canal-irrigation>. Acesso em: 05 agosto. 2025.

ALMEIDA, Josiane de; CECELHA, Bruna Casagrande; BERNARD, Anareli Vassen; PINHEIRO, Andrea de Lima; FELIPPE, Wilson Tudella. Eficácia de soluções de nanopartículas e irrigantes endodônticos convencionais contra biofilme de *Enterococcus faecalis*. *Indian Journal of Dental Research*, New Delhi, v. 29, n. 3, p. 347–351, 2018. DOI: 10.4103/ijdr.IJDR_634_15. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29900920/> Acesso em: 05 agosto 2025.

AMORIM, Victor Santiago. Sistemas de irrigação: revisão comparativa. *Revista Farol*, v. 1, n. 1, p. 1–14, 2020. Disponível em: <http://revista.farol.edu.br/index.php/farol/article/view/161/152>. Acesso em: 05 agosto. 2025.

Antonella; MARAVIC, Claudio. Efeito de soluções de irrigação endodôntica na estrutura da dentina radicular e nas metaloproteínas da matriz — uma revisão abrangente. *Dentistry Journal*, Basel, v. 10, n. 12, p. 219, dez. 2022. DOI: 10.3390/dj10120219. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-6767/10/12/219>. Acesso em: 25 agosto. 2025.

ARAÚJO, Cristiane Gomes de; SANTOS, Amanda Oliveira; MENDES, Luana Soares; SOUSA, Kellyane Carvalho de; ALMEIDA, Jéssica Ferreira de; SOUZA,

Rafaela Lima. Agentes irrigantes em endodontia: uma revisão narrativa. *Scientia et Salutis*, v. 13, n. 2, p. 70–85, 2023. Disponível em: <https://www.sustenere.inf.br/index.php/sciresalutis/article/view/6514/3787>. Acesso em :25 agosto. 2025.

ARUL, Buvaneshwari; SURESH, Nandini; SIVARAJAN, Ranjithkumar; NATANASABAPATHY, Velmurugan. Influence of Volume of Endodontic Irrigants Used in Different Irrigation Techniques on Root Canal Dentin Microhardness. *Indian Journal of Dental Research*, [S.l.], v. 32, n. 2, p. 230-235, abr./jun. 2021. Disponível em: https://journals.lww.com/ijdr/fulltext/2021/32020/influence_of_volume_of_endodontic_irrigants_used.18.aspx. Acesso em: 05 agosto. 2025.

BELLODI, Bruna Susana; SERRANO, Diana; VENTURA, Francesc; MERCADÉ, Montse. Soluções de irrigação endodôntica à base de quitosana e tratamento com TGF- β 1: criando o ambiente mais favorável para a sobrevivência e proliferação de células-tronco da papila apical in vitro. *International Endodontic Journal*, London,

BORZINI, Letizia; CONDÒ, Roberta; DE DOMINICIS, Paolo; CASAGLIA, Adriano; CERRONI, Loredana. Root Canal Irrigation: Chemical Agents and Plant Extracts Against *Enterococcus faecalis*. *The Open Dentistry Journal*, [S.l.], v. 10, p. 692-703, 2016. Disponível em: <https://opendentistryjournal.com/VOLUME/10/PAGE/692/>. Acesso em: 05 agosto. 2025.

BUKHARI, S.; [outros autores]. Novel Endodontic Disinfection Approach Using Catalytic IO-NP and Hydrogen Peroxide. *Journal of Endodontics*, [S.l.], 2018. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6190715/>. Acesso em: 11 agosto. 2025.

CAI, Changsong; CHEN, Yang; LI, Qianzhou; LIANG, Houjiang. Avanços no papel do irrigante de hipoclorito de sódio na preparação química do tratamento de canal radicular. *BioMed Research International*, [S.l.], v. 2023, p. 1–14, 2023. DOI: 10.1155/2023/8858283. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2023/8858283>. Acesso em: 11 agosto. 2025.

CASTAGNOLA, Raffaella; MARTINI, Cecilia; COLANGELI, Mauro; PELLICCIOTTA, Ilaria; MARIGO, Luca; GRANDE, Nicola Maria; BUGLI, Francesca; PLOTINO, Gianluca. In Vitro Evaluation of Smear Layer and Debris Removal and Antimicrobial Activity of Different Irrigating Solutions. *European Endodontic Journal*, [S.l.], v. 9,

CHHABRA, A. Efficacy of Sodium Hypochlorite, Citric Acid, and Hydrogen Peroxide as Endodontic Irrigants Against *Enterococcus faecalis*. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, [S.l.], 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11805110/>. Acesso em: 11 agosto. 2025.

Chih-Yu; CHIU, Shun-Hsien; YANG, Hsiu-Yin. Eficácia antibacteriana e toxicidade in vivo de soluções de irrigação endodôntica à base de água, oxidantes eletrolisados (EO) e hipoclorito de sódio. *Materials*, Basel, v. 13, n. 2, p. 260, jan. 2020. DOI: 10.3390/ma13020260. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/2/260>.

Citrus limon: An In Vitro Study. *Cureus*, [S.l.], v. 15, n. 8, e42877, 2023. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10474333/>. Acesso em: 17 agosto. 2025.

D'AVIZ, Fernando Soveral; LODI, Ediléia; SOUZA, Matheus Albino; FARINA, Ana Paula; CECCHIN, Douglas. Antibacterial Efficacy of the Grape Seed Extract as an Irrigant for Root Canal Preparation. *European Endodontic Journal*, [S.l.], v. 5, n. 1, p. 35-39, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32342036/>.

DIMRI, Anukriti; SRIVASTAVA, Nikhil; RANA, Vivek; KAUSHIK, Noopur. Efficacy of Different Endodontic Irrigants in the Lesion Sterilization and Tissue Repair Technique in Primary Molars: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, [S.l.], v. 42, n. 4, p. 294–300, out.–dez. 2024. DOI: 10.4103/jisppd.jisppd_262_24. Disponível em: https://journals.lww.com/jped/fulltext/2024/10000/efficacy_of_different_endodontic_irrigants_in_the.7.aspx. Acesso em: 11 agosto. 2025.

Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4664033/>. Acesso em: 17 agosto. 2025.

DREWS, D. J.; [outros autores]. The Interaction of Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine Digluconate. *Journal of Endodontics*, [S.l.], 2023. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10044599/>. Acesso em: 11 agosto. 2025.

ELFARRA, Hamza; LURZI, Franco; BITTER, Kerstin; ZASLANSKY, Paulo. Effects of Root Canal Irrigants on Dentin Revealed by Infrared Spectroscopy: A Systematic Review. *Dental Materials*, Copenhagen, v. 40, n. 8, p. 1138–1163, ago. 2024. DOI: 10.1016/j.dental.2024.05.014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38825554/>. Acesso em: 11 agosto. 2025.

GEOGI, Chris Cherian; DUBEY, Sandeep; SINGH, Palak; RAJKUMAR, B.; SAMANT, Praveen Singh; RAWAT, Ananya. A Comparative Evaluation of the Effect of Different Endodontic Irrigating Solutions on Microhardness of Root Canal Dentin: An In Vitro Study. *Journal of Dentistry (Shiraz)*, [S.l.], v. 25, n. 3, p. 236–242, 1 set. 2024. DOI: 10.30476/dentjods.2023.98298.2071. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11452603/>. Acesso em: 01 set. 2025.

JAIN, Kanav; AGARWAL, Padmanidhi; JAIN, Supriya; SEAL, Mukut; ADLAKHA, Twisha. Alexidine versus Chlorhexidine for Endodontic Irrigation with Sodium Hypochlorite. *European Journal of Dentistry*, [S.l.], v. 12,

KAUSHAL, R.A Comparison of Smear Layer Removal by Different Irrigants. Journal of Conservative Dentistry, [S.l.], 2020. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7657419/>. Acesso em: 11 agosto. 2025.

KESKIN, Cemal; SARIGÜL, Ayça; SARIYILMAZ, Erhan; SEVIL, Gülsüm; AKSU, Süleyman; GÖNÜL, Okan. Cytotoxicity of Various Root Canal Irrigants on Human Periodontal Ligament Fibroblasts. Iranian Endodontic Journal, Teerã, v. 13, n. 3, p. 287–292, 2018. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6064024/>. Acesso em: 01 set. 2025.

KHOURY, Rayyan Duarte; CARVALHO, Lara Steffany de; NASCIMENTO, Mauro Felipe Rios do; HUSNA, Abdur Rahman Abu; RACHMAYANTI, R. E.; SAFARI, Leora. Endodontic Irrigants from a Broad Perspective. World Journal of Clinical Cases, Hong Kong, v. 12, n. 21, p. 4460–4468, jul. 2024. DOI: 10.12998/wjcc.v12.i21.4460. Disponível em: <https://www.wjnet.com/2307-8960/full/v12/i21/4460.htm>. Acesso em: 17 agosto. 2025.

KULKARNI, S. Evaluation of 2 % Chlorhexidine and 2 % Sodium Fluoride as Endodontic Irrigants on Root Dentin Microhardness. Journal of Clinical and Diagnostic Research, [S.l.], 2020. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8184278/>. Acesso em: 17 agosto. 2025.

LAKSHMAIAH, Deepoika; INDULKAR, Nancy; AMBEH, Nivetha; RAMACHANDRAN, Anupama; SAKTHI,

MERÇON, I. R. et al. Analysis of antimicrobial efficacy of sodium hypochlorite and ozonated water against biofilm in oval canals. Brazilian Dental Journal, Ribeirão Preto, v. 34, n. 3, p. 33-41, maio/jun. 2023. DOI: 10.1590/0103-6440202305318. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10355262/>. Acesso em: 29 set. 2025.

MESQUITA, Camila Beatriz Nogueira de; GONÇALVES, Luís Antônio Bizerra; CRUZ, Clarice Fernandes Braga da Costa; VIEIRA, Flávia Barros. Soluções irrigadoras em endodontia: evidências e deficiências. Research, Society and Development, v. 12, n. 3, e31212340383, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i3.40383. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/40383/33013>. Acesso em: 17 agosto. 2025.

MEYAPPAN, Nagammai; MAHADEVAN, Mageshwari; MANIMARAN, Niranjana Devi; PAULAIAN, Benin; GOPAL, Rajesh; KUMAR, Naveen. Scanning Electron Microscopy Analysis of Smear Layer Removal Ability of Conventional Endodontic Irrigation Regimen, MTAD, and QMix™ Versus a Mixture of Azadirachta indica and

MIRHAD, Hosein; ABBASZADEGAN, Abbas; RANJBAR, Mohammad Ali; AZAR, Mohammad Reza; GERAMIZADEH, Bitá; TORABI, Shima; ALEYASIN, Zeinab Sadat; GHOLAMI, Ahmad. Efeito antibacteriano e tóxico do peróxido de hidrogênio combinado com diferentes concentrações de clorexidina em comparação com o

hipoclorito de sódio. *Journal of Dentistry (Shiraz)*, Shiraz, v. 16, n. 4, p. 349–355, dez. 2015. PMID: 26636124. n. 3, p. 398-402, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6089054/>. Acesso em: 11 set . 2025.

NALADKAR, Kapil; CHANDAK, Manoj; SARANGI, Swayangprabha; AGRAWAL, Paridhi; JIDEWAR, Namrata; SURYAWANSHI, Tejas; HIRANI, Palak. Avanço no desenvolvimento de irrigantes endodônticos. *Cureus*, [S.I.],

NEELAKANTAN, Prasanna; ROMERO, Mónica; VERMA, Jorge; DAO, Tung; CHUANG, Gary Shun Pan. Biofilms in Endodontics: Current Status and Future Directions. *International Journal of Molecular Sciences*, Basel, v. 18, n. 8, p. 1748, ago. 2017. DOI: 10.3390/ijms18081748. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/18/8/1748>. Acesso em: 17 agosto. 2025.

NIKESH; KUMAR, Nirmal. Comparative Evaluation of Microhardness, Smear Layer Removal Efficacy, and Depth of Penetration Using *Punica granatum*, *Embllica officinalis*, and Sodium Hypochlorite as Endodontic Irrigants: An In Vitro Study. *Cureus*, [S.I.], v. 15, n. 9, e46710, set. 2023. DOI: 10.7759/cureus.46710. Disponível em: <https://www.cureus.com/articles/141233-comparative-evaluation-of-microhardness-smear-layer-removal- efficacy-and-depth-of-penetration-using-punica-granatum-emblica-officinalis-and-sodium-hypochlorite-as- endodontic-irrigants-an-in-vitro-study>. Acesso em: 17 agosto. 2025.

OMOKOJI-BARWA, Abayomi; MARTINS, Jorge NR; MARAVIC, Tijana; MAZZOTTI, Annalisa; GIORGI, p. 81–88, 2024. DOI: 10.14744/eej.2023.19042. Disponível em: <https://jag.journalagent.com/eurendodj/pdfs/EEJ- 19042-ORIGINAL ARTICLES- CASTAGNOLA.pdf>. Acesso em: 11 agosto. 2025.

PASSINHO, Camilla Santana; BRAITT, Antônio Henrique; PORTO JUNIOR, Alberto Costa; FREIRE, Danielle Maia. Irrigantes endodônticos utilizados por cirurgiões-dentistas no município de Itabuna-Bahia. *Revista Aracatuba de Odontologia*, Araçatuba, 2020. Disponível em: <https://www.revaracatuba.odo.br/revista/2020/09/TRABALHO6.pdf>. Acesso em: 25 agosto. 2025.

POGGIO, C. Viscosity of Endodontic Irrigants: Influence of Temperature. *Journal of Endodontics*, [S.I.], 2015. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4630705/>. Acesso em: 25 agosto. 2025.

RUKASIOI, Kseniá; HANDÓK, Lilla; FARKAS, Nelli; MIKÓ, Alexandra; VERES, Gábor; LOHINAI, Zsolt. Eficácia antimicrobiana da clorexidina e do hipoclorito de sódio na desinfecção do canal radicular: uma revisão sistemática e meta-análise de ensaios clínicos randomizados. *Journal of Endodontics*, [S.I.], v. 46, n. 8, p. 1032–1041, ago. 2020. DOI: 10.1016/j.joen.2020.03.020. Disponível em: [https://www.jendodon.com/article/S0099- 2399\(20\)30308-3/fulltext](https://www.jendodon.com/article/S0099- 2399(20)30308-3/fulltext). Acesso em: 25 agosto. 2025.

SABU, N. Comparative Evaluation of Chlorhexidine and Cetrimide as Endodontic Irrigants. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, [S.I.], 2022. Disponível em:

https://journals.lww.com/jpbs/fulltext/2022/14001/comparative_evaluation_of_chlorhexidine_and.150.aspx.

SARMENTO, Estefano Borgo; GUIMARAES, Ludmila da Silva; TAVARES, Sandro Junio de Oliveira; THULLER, Katherine Azevedo Batistela Rodrigues; ANTUNES, Livia Azeredo Alves; ANTUNES, Leonardo dos Santos; GOMES, Cinthya Cristina. The Influence of Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine on Postoperative Pain in Necrotic Teeth: A Systematic Review. *European Endodontic Journal*, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 177-185, 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7881388/>. Acesso em: 25 agosto. 2025.

SHARMA, Abhishek; KUMAR, Ravi; SINGH, Amandeep; et al. Comparative Assessment of Antimicrobial Efficacy of Herbal and Conventional Root Canal Irrigants: A Systematic Review. *Saudi Dental Journal*, [S.l.], v. 36, n. 4, p. 250–261, 2024. DOI: 10.1016/j.sdentj.2023.12.007. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11402017/>. Acesso em: 01 set. 2025.

TONINI, Riccardo; SALVADORI, Matteo; AUDINO, Elisabetta; SAURO, Salvatore; GARO, Maria Luisa; SALGARELLO, Stefano. Irrigating Solutions and Activation Methods Used in Clinical Endodontics: A Systematic Review. *Frontiers in Oral Health*, [S.l.], v. 3, 2022. DOI: 10.3389/froh.2022.838043. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/oral-health/articles/10.3389/froh.2022.838043/full>. Acesso em : 25 agosto. 2025.