

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

João Guilherme Mendes Dias

**A influência de soluções irrigadoras sobre a microdureza dentinária: uma
revisão crítica da literatura.**

Juiz de Fora

2025

João Guilherme Mendes Dias

**A influência de soluções irrigadoras sobre a microdureza dentinária: uma
revisão crítica da literatura.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Odontologia
da Universidade Federal de Juiz de Fora
como requisito parcial à obtenção ao grau
de bacharel em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Warley Oliveira Silva

Juiz de Fora
2025

Imprimir na parte inferior, no verso da folha de rosto a ficha disponível em:

<https://www2.ufjf.br/biblioteca/servicos/#ficha-catalografica>



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
REITORIA – FACODONTO – Coordenação do Curso de Odontologia

Joao Guilherme Mendes Dias

**A influência de soluções irrigadoras sobre a microdureza dentinária: uma
revisão crítica da literatura**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Odontologia da
Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título
de Cirurgião-Dentista.

Aprovado em 12 de dezembro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Warley Oliveira Silva

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª. Dr^ª. Mariane Floriano Lopes Santos Lacerda

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Renato Cilli

Universidade Federal de Juiz de Fora

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Mendes Dias , João Guilherme .

A influência de soluções irrigadoras sobre a microdureza dentinária: uma revisão crítica da literatura. / João Guilherme Mendes Dias . -- 2025.

50 p. : il.

Orientador: Warley Oliveira Silva

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Odontologia, 2025.

1. Hipoclorito de sódio. 2. Clorexidina . 3. Microdureza . I. Oliveira Silva, Warley, orient. II. Título.

Dedico este trabalho aos meus pais, irmãos, familiares e amigos que me inspiram e me apoiaram até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me abençoar e guiar até aqui, me dando a todo momento coragem e força para seguir;

Agradeço também aos meus pais Gilmar e Taisa, ao meu padrasto José Antônio, e ao meu irmão Erlon por todo apoio e incentivos concedidos a mim em toda parte da minha trajetória;

Agradeço aos meus familiares e amigos, em especial aos meus amigos Eduardo, Guilherme, João Pedro e Pedro por todo o suporte durante todo o caminho. E à minha namorada Bianca, por todo carinho, companheirismo e ensinamentos concedidos.

Agradeço, ainda à todos os meus amigos, em especial a turma 231 e o futsal Odonto UFJF, que fizeram parte dessa longa jornada, tudo foi possível devido ao apoio e companheirismo de vocês.

Agradeço ao Professor Warley Oliveira Silva por toda orientação, suporte e ajuda na elaboração e finalização deste trabalho;

Agradeço, por fim, à Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora por me proporcionar educação e estrutura de qualidade para minha formação.

RESUMO

O tratamento endodôntico visa à limpeza e modelagem do sistema de canais radiculares por meio da ação mecânica dos instrumentos associada às substâncias químicas irrigadoras, que desempenham papel essencial na desinfecção e remoção de resíduos orgânicos e inorgânicos. Entre os irrigantes mais utilizados estão o hipoclorito de sódio (NaOCl), o ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) e o gluconato de clorexidina (CHX), que apresentam diferentes propriedades químicas e efeitos sobre a estrutura dentinária. Este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão crítica da literatura acerca da influência dessas soluções sobre a microdureza da dentina radicular. Foi realizada uma busca nas bases de dados do Pubmed, Web of Science e Embase. Foram incluídos estudos *in vitro* pertinentes ao tema proposto, sem restrição de idioma e tempo. Foram excluídos relatos de casos e revisões de literatura. Utilizaram-se descritores DeCS/MeSH, combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR. Foram identificados 349 estudos, dos quais 39 atenderam os critérios de elegibilidade previamente estabelecidos. Os resultados demonstraram que o NaOCl e o EDTA, isolados ou associados, promovem significativa redução da microdureza dentinária devido à desmineralização e degradação da matriz orgânica, enquanto a CHX apresenta menor impacto estrutural, configurando-se como alternativa mais conservadora. Conclui-se que a escolha criteriosa das soluções irrigadoras e o controle do tempo de aplicação são fundamentais para equilibrar a eficácia antimicrobiana e a preservação das propriedades mecânicas da dentina, ressaltando-se ainda a necessidade de estudos mais padronizados que orientem protocolos clínicos seguros e eficazes.

Palavras-chave: hipoclorito de sódio, clorexidina, microdureza

ABSTRACT

Endodontic treatment aims to clean and shape the root canal system through the mechanical action of instruments combined with chemical irrigating solutions, which play an essential role in disinfecting the canal and removing organic and inorganic debris. Among the most commonly used irrigants are sodium hypochlorite (NaOCl), ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), and chlorhexidine gluconate (CHX), each exhibiting distinct chemical properties and effects on dentin structure. This study aimed to conduct a critical literature review on the influence of these solutions on the microhardness of root dentin. A search was carried out in the PubMed, Web of Science, and Embase databases. Relevant in vitro studies were included without restrictions regarding language or publication date, while case reports and literature reviews were excluded. DeCS/MeSH descriptors were used, combined with the Boolean operators AND and OR. A total of 349 studies were identified, of which 39 met the predefined eligibility criteria. The results showed that NaOCl and EDTA, whether used alone or in combination, significantly reduce dentin microhardness due to demineralization and degradation of the organic matrix, whereas CHX has a less pronounced structural impact, making it a more conservative alternative. It is concluded that the careful selection of irrigating solutions and control of application time are essential to balance antimicrobial efficacy with the preservation of dentin's mechanical properties, highlighting the need for more standardized studies to guide safe and effective clinical protocols.

Keywords: *sodium hypochlorite, chlorhexidine, microhardness.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Fluxograma de identificação e seleção dos estudos, de acordo com a metodologia PRISMA	24
----------	---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Estratégia de busca utilizada nas bases de dados	17
Tabela 2	– Revisão de literatura:Influência de diferentes soluções irrigadoras na microdureza em função do tempo no canal radicular.....	25
Tabela 3	– Revisão de literatura: Influência do irrigante utilizando diferentes protocolos de agitação	27
Tabela 4	- Comparação de diferentes soluções irrigadoras.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BC	Cloreto de benzalcônio
CaOH	Hidróxido de cálcio
CB	Combinação entre pressão apical negativa e irrigação ultrassônica passiva.
CHX	Digluconato de clorexidina
CHX-Plus	Clorexidina com adição de surfactantes
Chlor-Xtra	Hipoclorito de sódio com adição de surfactantes
CNI	Irrigação convencional com seringa e agulha
CTDA	Ácido cítrico com adição de detergente
EDA	Etilenodiamina
EDTA	Ácido etilenodiamino
EDTAC	Ácido etilenodiamino com adição de cetrimida
EGTA	Ácido etilenglicol tetra-acético
EV	Pressão apical negativa
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogênio
HEBP	Etidronato
HV	Microdureza de Vickers
hz	Hertz
MATD	Mistura Ácido-Tetraciclina-detergente
min	Minutos
mJ	Milijoule
mL	Mililitro
MMP	Metaloproteinases de matriz
µm	Micrômetro
MCJ	Morindacitrifolia
µs	Microsegundo
NaOCl	Hipoclorito de sódio
NI	Irrigação com agulha
nm	Nanômetros
OCT	Octenidina
PAA	Ácido peracético

PCA	Para-cloroanilina
PIPS	Irrigação ativada a laser
PUI	Irrigação ultrassônica passiva
REDTA	Ácido etilenodiamino com adição de cetrimida
STS	Tiosulfato de sódio
YAG	Granada de ítrio e alumínio

LISTA DE SÍMBOLOS

$<$	Menor que
\leq	Menor ou igual
$=$	Igual
$>$	Maior que
\geq	Maior ou igual
\pm	Mais ou Menos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	PROPOSIÇÃO.....	16
3	METODOLOGIA	17
4	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
5	RESULTADOS.....	23
6	DISCUSSÃO.....	40
7	CONCLUSÃO	44
8	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico proporciona limpeza e modelagem do sistema de canais radiculares, através da ação mecânica de instrumentos juntamente com a ação antimicrobiana das substâncias químicas auxiliares. Durante essa etapa do tratamento ocorre a eliminação de restos pulpares necróticos ou vitais além da ação direta sobre os microrganismos e redução das toxinas microbianas. A irrigação permite acessar e desinfetar áreas em que a instrumentação isoladamente não seria capaz de alcançar devido à complexidade anatômica dos sistemas radiculares (Kulkarni et al., 2021).

Entre as substâncias químicas auxiliares, o hipoclorito de sódio (NaOCl) é o mais utilizado, e suas concentrações variam de 0,5% a 5,25%, sendo que atualmente as mais utilizadas são as soluções nas concentrações de 2,5% e 5,25%, sem diferenças significativas quanto à ação microbiana entre as duas (Kucher et al., 2019). O NaOCl reúne como propriedades principais a dissolução de tecidos orgânicos e a neutralização do conteúdo séptico tóxico no interior do canal radicular através da eliminação dos microrganismos. No entanto, é citotóxico aos tecidos perirradiculares e não é capaz de remover eficientemente a *smear layer* de maneira isolada, necessitando de outra substância química auxiliar com capacidade de remover matéria inorgânica (Baldasso et al., 2017).

O ácido etilenodiamino tetra acético (EDTA) é usado em associação com o NaOCl com objetivo de remover os componentes inorgânicos da *smear layer* de maneira eficaz. O EDTA apresenta efeito quelante com capacidade de se ligar ao cálcio e ao magnésio para que haja desmineralização parcial da dentina. O EDTA nos dias atuais é mais utilizado nas concentrações de 15% e 17%. O tempo recomendado para sua atuação na quelação das partículas inorgânicas da *smear layer* é de 2 minutos (Aslantas et al., 2014). Dessa maneira, esse irrigante viabiliza a preparação mecânica mais simplificada dos canais radiculares e permite melhor penetração e difusão das substâncias químicas auxiliares para atuar sobre os componentes microbiológicos infectantes que se localizam nos túbulos dentinários (Kulkarni et al., 2020; Akbulut e Termelez, 2019).

Outro irrigante utilizado como substância química auxiliar é o Gluconato de Clorexidina (CHX). A Clorexidina não possui capacidade de dissolução de tecidos pulpaes em comparação ao NaOCl, porém apresenta menor citotoxicidade, possui substantividade, que resulta em uma ação antimicrobiana a longo prazo (Ulusoy et al., 2020). O CHX não deve ser utilizado como substância química irrigadora conjuntamente ao NaOCl, pois quando em contato as substâncias formam a para-cloroanilina (PCA), um precipitado de coloração laranja-amarronzada e potencialmente carcinogênico. Logo, deve haver uma neutralização utilizando soro fisiológico no intervalo do uso de NaOCl como solução irrigadora quando for seguida da irrigação do canal com Gluconato de Clorexidina para que não haja formação desse precipitado e o preparo químico-mecânico obtenha o resultado desejado (Taneja et al., 2014).

Durante o preparo químico-mecânico, as soluções irrigadoras, embora essenciais para a desinfecção dos canais radiculares, podem alterar as propriedades estruturais da dentina. Sua ação química pode reduzir a microdureza dentinária por meio da desmineralização e degradação da matriz orgânica, tornando o tecido mais frágil e suscetível à fratura, além de comprometer a adesão e o selamento dos materiais obturadores. Assim, torna-se fundamental compreender a influência dessas substâncias sobre a microdureza dentinária para equilibrar eficácia antimicrobiana e preservação das propriedades mecânicas do dente. (Dawhan et al., 2019).

2 PROPOSIÇÃO

O objetivo geral deste trabalho foi realizar uma revisão crítica da literatura para verificar a existência de correlação entre uso de diferentes soluções irrigadoras empregadas no preparo químico-mecânico e a influência na microdureza da dentina radicular.

3 METODOLOGIA

A presente revisão teve como pergunta norteadora “Qual a influência das soluções irrigadoras na microdureza dentinária durante o tratamento endodôntico?”

3.1 FONTES DE INFORMAÇÃO

Foi realizada uma busca nas bases de dados do Pubmed, Web of Science e Embase, utilizando as seguintes palavras-chaves “*sodium hypochlorite, chlorhexidine, microhardness*”.

Foram incluídos estudos *in vitro* pertinentes ao tema proposto, sem restrição de idioma e tempo.

Foram determinados como critérios de exclusão estudos com apenas resumos disponíveis, trabalhos da literatura cinzenta como teses, dissertações, cartas ao editor e opinião de especialistas, bem como estudos de revisão de literatura, relatos de casos clínicos, resumos de conferências.

O autor (JGMD), previamente treinado e calibrado, realizou de forma independente a busca e a seleção de estudos utilizando os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS/MeSH) e termos exatos, combinado mediante operadores booleanos “AND” e “OR. A estratégia de busca foi adaptada para cada base de dados utilizada, incorporando todas as palavras-chave e termo de indexação identificados, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Estratégia de busca utilizada nas bases de dados

Bases	Palavras-chave	Estudos (n=)
Pubmed	("sodium hypochlorite" OR "chlorhexidine") AND ("microhardness")	149
Web of Science	TS=("sodium hypochlorite" OR "chlorhexidine") AND TS=("microhardness")	62
EMBASE	'sodium hypochlorite'/exp OR 'chlorhexidine'/exp AND 'microhardness'/exp	138

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Posteriormente a identificação dos estudos nas bases de dados, os mesmos foram exportados para o *software Rayyan*® (<https://rayyan.qcri.org/>), para remoção de duplicatas. Em seguida, o autor (JGMD) realizou, de forma independente, uma triagem inicial, revisando minuciosamente os títulos e resumos. Os registros potencialmente elegíveis foram, então, submetidos a uma triagem de texto completo, de acordo com os critérios de elegibilidade previamente definidos. Durante essa fase, foram documentadas as razões para a exclusão de estudos.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1-Importância da irrigação e uso das soluções irrigadoras durante o preparo químico-mecânico

O sucesso do tratamento endodôntico consiste na redução ou na eliminação de microrganismos do sistema de canais radiculares com objetivo de prevenir futuras contaminações (Shruthi, Kalaiselvan e Balaji, 2023). Durante o processo de instrumentação há a formação da camada de *smear layer*, composta por remanescentes de tecido pulpar, raspas de dentina, odontoblastos e microrganismos. Essa camada amorfa e irregular é capaz de obliterar a entrada dos túbulos dentinários, comprometendo o alcance da medicação intracanal, irrigantes e cimento endodôntico durante a etapa de obturação (Shi et al., 2022).

A irrigação é uma etapa fundamental durante o preparo químico-mecânico do sistema de canais radiculares, possibilita o maior alcance da limpeza nas estruturas radiculares onde somente a instrumentação feita de forma isolada não é capaz de promover, já que a instrumentação tem alcance de apenas de 65% da área do canal radicular (Arul et al., 2021). Os irrigantes ideais devem possuir propriedades antimicrobianas de desinfecção, dissolução de matéria orgânica vital e necrótica, remoção de *smear layer*, oferecer substantividade ao tratamento, ser pouco citotóxico aos tecidos adjacentes, não afetar a microdureza da estrutura dentária (Farooq et al., 2022). No entanto, as soluções irrigadoras atuais, ainda que sejam de suma importância para o tratamento endodôntico possuem limitações e dentro do

cenário atual ainda não é possível reunir efetivamente todas as características e propriedades ideais em apenas uma substância irrigadora (Geogi et al., 2024).

Atualmente, a substância química auxiliar mais utilizada para irrigação é o hipoclorito de sódio em concentrações que compreendem de 0,5% a 5,25%, sendo que as concentrações mais utilizadas são de 2,5% ou 5,25%. Uma das propriedades importantes do NaOCl é sua ação antimicrobiana e de dissolução de tecidos orgânicos. Além disso, a eficácia do NaOCl é dependente da concentração que é utilizada na irrigação. (Zancan et al., 2021). Embora essa solução reúna aspectos relevantes para a desinfecção do sistema de canais radiculares, o NaOCl possui restrições de sua ação uma vez que não é eficaz na remoção da camada de *smear layer*, é considerado tóxico aos tecidos perirradiculares, e oferece redução à flexão, microdureza e módulo de elasticidade da dentina (Sahebi et al., 2020).

A CHX também é outra substância irrigante amplamente utilizada durante a etapa de preparo químico-mecânico devido sua baixa citotoxicidade, substantividade e ação antibacteriana, embora não seja capaz de remover a *smear layer* quando é utilizada isoladamente. Para a remoção da *smear layer* mais eficaz utiliza-se substâncias quelantes, sendo o EDTA a mais utilizada atualmente (Geogi et al., 2024).

4.2-Efeito do hipoclorito de sódio em comparação a outras soluções irrigadoras na microdureza da dentina

Apesar do benefício de eliminação de microrganismos e produtos metabólicos, debridamento de matéria orgânica e limpeza dos canais durante o preparo químico mecânico, o NaOCl apresenta efeitos negativos na estrutura dentinária remanescente. A remoção de íons de cálcio e de hidroxiapatita e a ação proteolítica na matriz colágena da dentina causadas pelas soluções irrigadoras resultam na redução de propriedades mecânicas como a microdureza, permeabilidade e solubilidade da dentina radicular alcançando um enfraquecimento de 30% em um tempo de exposição de 26 minutos (Sahabi et al., 2020).

O hipoclorito de sódio é capaz de fragmentar as cadeias peptídicas das proteínas resultando em N-Cloraminas que são sequencialmente decompostas em outras espécies. A redução da microdureza da dentina causada pelo NaOCl pode

ser variável considerando o tempo de exposição e a concentração da substância utilizada durante o preparo químico mecânico. (Tsenova-Ilieva e Korova, 2021). O uso do NaOCl feito de forma isolada não é capaz de remover a *smear layer* fazendo-se necessária a combinação com uma substância quelante, sendo a mais utilizada o EDTA 17%. (Pinto et al., 2020).

O gluconato de clorexidina, quando utilizada na concentração de 2% durante 15 minutos, afeta de maneira negativa as propriedades estruturais da dentina radicular em razão da ruptura entre as fibras colágenas e os cristais de hidroxiapatita presentes na superfície dentinária por ser um potente agente inibidor das MMP's (metaloproteinases de matriz) e também alterar o coeficiente de cálcio e fósforo da dentina. Quando a CHX é administrada na concentração de 2% aumenta a preservação das fibras de colágeno da dentina e reduz a liberação das MMP's por inibir as proteinases (Singh et al., 2023). Assim como o NaOCl, a clorexidina quando utilizada como solução irrigadora auxiliar feita isoladamente não é capaz de remover a *smear layer*, existindo a necessidade da utilização em conjunto de uma substância quelante. Além disso, uma das vantagens da CHX é a substantividade, que faz a substância se ligar a estrutura dentinária e prevenir futuras colonizações de bactérias no segmento radicular do elemento dentário (Dhawan et al., 2020).

4.3-Efeito de diferentes concentrações de hipoclorito de sódio na microdureza da dentina

O hipoclorito de sódio é o irrigante mais comumente empregado e suas concentrações diferentes que variam de 0,5% a 5,25% são utilizadas durante o preparo químico mecânico, no entanto, as diferentes concentrações oferecem efeitos de redução das propriedades mecânicas da dentina radicular proporcionais à medida em que se aumenta a concentração (Pinto et al., 2020). O efeito proteolítico do NaOCl age alterando quimicamente e mecanicamente a estrutura da dentina radicular. A ação na dentina é dependente de alguns fatores como o tempo de contato entre a solução e o dente, a concentração que está sendo utilizada e o volume da solução. O longo tempo de exposição do dente ao irrigante afeta negativamente a estrutura dentinária. Além disso, o volume de irrigante associado

ao protocolo de agitação também podem reduzir a microdureza dentinária (Arul et al., 2021).

Os efeitos de dissolução de tecidos orgânicos e de desinfecção do canal radicular podem ser mais pronunciados e ocorrerem de maneira mais rápida e eficaz quando empregado o NaOCl em concentrações mais elevadas, no entanto, à medida em que se eleva a concentração, passa a oferecer maior citotoxicidade aos tecidos perirradiculares (Shruthi et al., 2023).

Além das concentrações, a elevação da temperatura do NaOCl pode proporcionar um efeito antimicrobiano mais elevado e maior capacidade de dissolver matéria orgânica. Soluções em concentrações mais baixas quando aquecidas poderá apresentar efeitos positivos no tratamento endodôntico como uma capacidade ampliada de adentrar aos túbulos dentinários porém ofertando menores efeitos adversos como a toxicidade aos tecidos perirradiculares.

O uso isolado do hipoclorito por si só possui efeito deletério as propriedades mecânicas da superfície dentinária, todavia, sua associação a outras substâncias quelantes podem ampliar os efeitos sobre as partes orgânicas e inorgânicas equalizando um decréscimo na microdureza dentinária (Savaris et al., 2024).

4.4-Efeito de diferentes quelantes na microdureza da dentina

Durante o tratamento endodôntico, o preparo químico-mecânico é uma etapa essencial de limpeza e desinfecção, porém, como consequência da instrumentação são produzidas raspas de dentina que se juntam a microrganismos do sistema de canais radiculares e formam a *smear layer*. A *smear layer* pode obliterar os canais e diminuir a eficácia da desinfecção dos canais. Para a remoção da lama dentinária as substâncias quelantes são as mais eficazes, o que proporciona melhor obturação e selamento para os tratamentos endodônticos. (Yusufoglu et al., 2023.)

Atualmente, no meio odontológico existem inúmeras soluções quelantes disponíveis para o uso no tratamento endodôntico, sendo o EDTA a solução mais utilizada no momento, apesar de sua baixa ação anti-microbiana. O mecanismo de ação do EDTA consiste na remoção dos íons de cálcio da dentina, o que ocasiona pontos negativos como mudanças na estrutura química e física da estrutura dentária fazendo com que o dente esteja mais suscetível à fraturas. A concentração, o tempo

e o método de agitação e ativação do EDTA podem alterar a microdureza dentinária.(Farooq et al 2022).

A quelação promovida pelo EDTA promove melhoras das propriedades de cimentos endodônticos como cimentos à base de resina epóxi que atualmente é um dos materiais mais utilizados para obturação dos canais radiculares. O efeito quelante do EDTA facilita a adesão ao colágeno exposto da matriz orgânica da dentina e conseqüentemente impulsiona a penetração desses cimentos nos túbulos dentinários. (Zancan et al., 2021)

Como alternativas ao EDTA outras soluções quelantes surgem como exemplos o MTAD e o QMix. O MTAD é uma formulação que reúne doxiciclina, ácido cítrico e detergente. O MTAD possui na sua formulação doxiciclina que confere à solução propriedades antimicrobianas que o EDTA não apresenta, compõem também o MTAD, o ácido cítrico agente desmineralizador da *smear layer*, o detergente que permite à substância quelante adentre as irregularidades dos canais radiculares. Outro quelante utilizado nos dias de hoje é o QMix, substância composta por EDTA, CHX e surfactante. Ainda não existe uma solução quelante ideal que reúna propriedades antimicrobianas, remoção de *smear layer* e manutenção integral de todas as propriedades físicas e químicas do remanescente dentário. (Shi et al., 2023).

4.5- A influência de diferentes volumes sobre a microdureza da dentina

A instrumentação dos canais radiculares são responsáveis pela limpeza de aproximadamente 65% da superfície. No entanto a superfície não instrumentada acumula debris, microorganismos e produtos bacterianos esse fato pode levar a falha do tratamento endodôntico com conseqüente necessidade de retratamento. A limpeza dos canais só pode ser realizada de forma satisfatória quando há a combinação dos irrigantes e instrumentação mecânica. Nesse cenário fatores como a concentração, volume, tempo de ação e a sequência de uso dos irrigantes pode influenciar a microdureza dentinária (Saha et al., 2017).

A literatura ainda possui poucos estudos que relacionam a quantidade do volume de substância irrigadora à redução da microdureza dentinária. O volume de irrigante associado a técnica de irrigação quando utilizado em 12 ml e 18ml de

NaOCl, apresentou cerca de 10% de redução da microdureza nos terços coronal médio e apical. Quando foi utilizado 6ml houve redução menor cerca de 3% a 5% , sendo no terço coronal e médio as menores reduções de microdureza e o apical a maior redução. Uma hipótese que explica tal fenômeno é que o tempo de contato do irrigante com a superfície dentinária induz a perda de conteúdo mineral. (Arul et al., 2022)

4.6- A influência dos métodos de agitação sobre a microdureza da dentina.

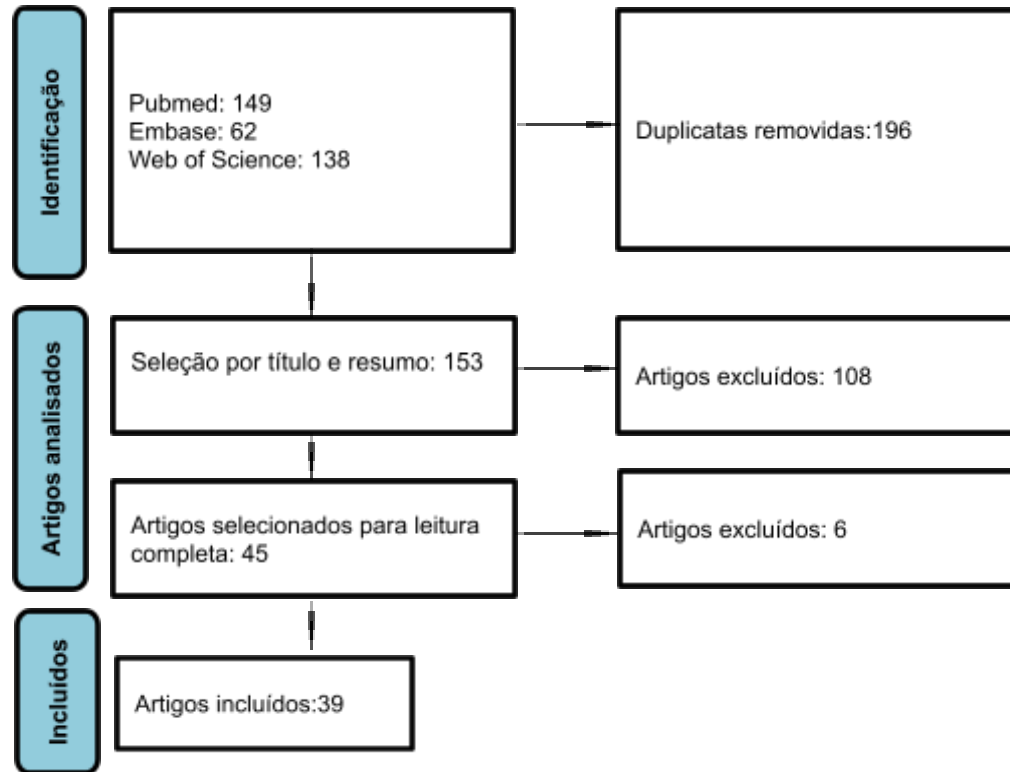
A agitação das soluções irrigadoras é uma etapa muito importante do tratamento endodôntico pois amplia a capacidade de desinfecção e remoção de Smear Layer. (Tsenova-Illeva e Karova, 2021). Atualmente, as principais técnicas utilizadas para a agitação são a irrigação ultrassônica passiva (PUI) e irrigação com agulha convencional (CNI), sendo a PUI mais efetiva na remoção de debris dentinários e remanescentes de tecido pulpar (Erkal et al., 2025). Outra alternativa utilizada nos dias atuais é a terapia de transmissão fotoacústica (PIPS) que utiliza o laser YAG de baixa potência (2940 nm) com a potência de 20 mJ por pulso, 15 hz de frequência e 50µs de duração. Estudos mostram que a PIPS em termos de remoção de Smear Layer possui maior potencial de remoção, quando utilizadas entre 1 a 6% de hipoclorito de sódio e 17% EDTA. No entanto, estudos que comparam de diferentes tipos de agitação quando são utilizadas outras substâncias irrigadoras como QMix e MTAD ainda são escassos (Shi et al., 2022).

O sistema EV propicia ao tratamento endodôntico maior limpeza dos canais radiculares em comparação às outras técnicas de irrigação. Além disso, o volume da solução irrigadora liberada é maior quando utilizando EV do que quando empregada a técnica CNI, aproximadamente 42 ml, considerando o mesmo intervalo de tempo para ambas. Quando as técnicas PUI e EV são combinadas oferece ao tratamento uma penetração tridimensional eficaz de soluções irrigadoras, tanto no comprimento de trabalho (CT) quanto dos canais laterais e acessórios. (Arul et al., 2021).

5 RESULTADOS

Diante das metodologias empregadas, foram inicialmente identificados 349 estudos potencialmente relevantes, dos quais 196 foram removidos após a remoção de duplicatas. Em seguida, 153 estudos restantes foram avaliados por título e resumo, em que apenas 45 foram incluídos para avaliação por exo completo. Por fim 39 artigos foram incluídos no trabalho.

Figura 1: Fluxograma de identificação e seleção dos estudos, de acordo com a metodologia PRISMA



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Tabela 2: Influência de diferentes soluções irrigadoras na microdureza em função do tempo no canal radicular

Autor	Sequência de irrigação	Tempo em minutos (min)	Medidas de resultado	Resultado Final
Ari et al., 2004	G1-NaOCl 5,25% G2-NaOCl 2,5% G3-H2O2 3% G4-EDTA 2,5% G5-CHX 0,2%	15 min. em cada grupo	Microdureza	- A CHX 0,2% não apresentou redução da microdureza. - Nos outros grupos de soluções irrigadoras foi constatada diminuição da microdureza.
Oliveira et al., 2007	G1-NaOCl 1% G2-CHX 2% G3-Solução G4-Salina(Controle)	15 min. em cada grupo	Microdureza	- Ambos mostraram redução da microdureza porém sem diferença estatisticamente significativa entre eles.
Patil e Uppin et al., 2011	G1-NaOCl 2,5% G2-NaOCl 5% G3-H2O2 3% G4-CHX 0,2% G5-EDTA 17% G6-Água destilada	15 min. em cada grupo	Microdureza	- A irrigação com CHX não obteve diminuição da microdureza dentinária. - Os demais irrigantes diminuíram a microdureza da dentina radicular -A microdureza se reduz mais em regiões mais profundas.
Dineshkumar et al. 2012	G1-EDTA 17% G2-NaOCl 1,3% G3-MTAD G4-NaOCl 1,3% G5-HEBP 18% G6-Água destilada	20 min (cada grupo) Grupo controle 5 min	Microdureza	- Houve diferença estatística entre todos os grupos - NaOCl /HEBP apresentou menor redução da microdureza -NaOCl/MTAD apresentaram menor microdureza - NaOCl/EDTA obtiveram redução intermediária entre os grupos.

Zapparoli et al 2012	EDTA 17% NaOCl 1% EDTA 17% NaOCl 1% Água destilada	10 min. em cada grupo	Microdureza na região de furca	- Todos os grupos exceto o controle houve redução da microdureza - O EDTA isolado ou utilizado em conjunto ao NaOCl apresentaram maior diminuição de microdureza. - O EDTA isolado e em conjunto ao NaOCl não tiveram diferença estatística entre eles. - O EDTA isolado obteve diferença estatística significativa comparado ao NaOCl isolado e também ao grupo controle
Garcia et al., 2013	G1-NaOCl 2,5% G2-Chlor-XTRA G3-NaOCl 5,5% em gel	15 min (cada grupo)	Microdureza do canal em diferentes profundidades	- Todos os grupos diminuíram a microdureza dentinária, sem diferenças estatísticas consideráveis entre eles.
Ulusoy et al., 2020	G1-2,5%NaOCl G2-17% EDTA G3-2,5%NaOCl/ 17% EDTA G4- 2% PAA G5-2,5% NaOCl/ 2% PAA G6-9% HEBP G7-2,5% NaOCl/ 9% HEBP Solução Salina	Grupos 1,2,4, 6,7 e controle (2 min) . Os grupos 3, 5 (1 min)	Nanodureza	-O uso de ácido etidrônico e NaOCl + HEBP reduziu os valores de nanodureza significativamente mais do que as outras soluções experimentais. -Não houve diferença significativa entre os valores de redução de nanodureza nas amostras irrigadas com um único quelante e com o quelante combinado com NaOCl.
Shtruri et al., 2023	G1-Solução Salina G2-NaOCl 3% G3-NaOCl 5% G4-NaOCl 3% (aquecido)	5 min (cada grupo)	Microdureza	-Os grupos 5% NaOCl e 5% NaOCl (aquecido) obtiveram a maior redução de microdureza. - O grupo com 3% NaOCl não apresentou diferença estatística significativa quando comparado ao grupo controle na profundidade de 300 µm. - Em 100 µm não houve diferença estatística na redução de microdureza entre 3% NaOCl e 3% NaOCl aquecido. - Em 300 µm 3% NaOCl aquecido apresentou maior redução de microdureza comparado ao grupo 3% NaOCl não aquecido.

	G5-NaOCl 5% aquecido			<ul style="list-style-type: none"> - Não houve diferença estatística significativa entre 5% NaOCl aquecida e 5% NaOCl em temperatura ambiente em 100 µm e em 300 µm. - Em 100 µm os grupos de 3% NaOCl apresentaram microdureza semelhantes independente da temperatura. - Em 300 µm os grupos com solução aquecidas apresentaram maior redução da microdureza.
--	----------------------	--	--	--

(continua)

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Tabela 3: Influência do irrigante utilizando diferentes protocolos de agitação

Autor	Sequência de irrigação	Tempo em minutos	Medidas de resultado	Resultado Final
Aslantas et al., 2014	G1-17% EDTA REDTA G2-2% CHX G3-2% CHX-Plus G4-6% NaOCl G5-2% Chlor-XTRA	5 min (em cada grupo)	Microdureza	<ul style="list-style-type: none"> - EDTA, REDTA, NaOCl e Chlor-XTRA diminuíram significativamente a microdureza da dentina radicular quando comparado ao grupo controle. - REDTA obteve redução significativa da microdureza quando comparada a CHX, CHX-Plus, NaOCl, Chlor-XTRA. - O EDTA apresentou diferença significativa na redução da microdureza quando comparado com CHX e CHX-Plus. - A adição de agentes surfactantes às soluções (REDTA, CHX-XTRA, NaOCl-Plus) não demonstrou diferença estatística na redução de microdureza

Tsenova-Ilieva e Karova 2020	<p>G1-2% NaOCl + 17% EDTA</p> <p>G2-2% NaOCl + 17% EDTA (com ativação ultrassônica)</p> <p>G3-5,25% NaOCl+ 17% EDTA</p> <p>G4-Água destilada</p>	NaOCl (2 min) + EDTA (2 min).	Microdureza	<p>Todos os grupos tiveram diferença estatística significativa entre eles segundo a análise de variância de uma via (ANOVA).</p> <p>- Em todos os grupos houve redução da microdureza quando comparado ao grupo controle</p> <p>- Não houve diferença estatística significativa entre os grupos independente da concentração e da ativação ultrassônica.</p>
Arul et al., 2021	<p>NI 5% NaOCl+ 17% EDTA</p> <p>PUI 2ml 5%NaOCl + 2ml 17%EDTA + 2ml 5%NaOCl</p> <p>EV 4 ml 5%NaOCl + 4 ml 17%EDTA + 4 ml 5% NaOCl</p> <p>CB (4 ml 5%NaOCl + 4 ml17%EDTA + 4 ml5%NaOCl) + (2 ml 5%NaOCl + 2 ml 17%EDTA</p>	Três sessões de irrigação por 0,5 minutos cada grupo.	Microdureza	- A redução da microdureza dentinária foi maior nos três terços radiculares nos grupos EV e CB quando comparados aos grupos NI e PUI.

	+ 2 ml 5%NaOCl)			
Shi L et al., 2022	Qmix + CNI QMix + PUI QMix + PIPS MTAD + CNI MTAD + PUI MTAD + PIPS EDTA + CNI EDTA + PUI EDTA + PIPS	5 min cada grupo quando utilizada a irrigação convencional e 2 min. quando foi utilizada irrigação por PUI e PIPS	Microdureza com diferentes tipos de ativação da solução nos diferentes terços radiculares.	<ul style="list-style-type: none"> - O Qmix e o EDTA foram os grupos que tiveram redução na microdureza mais considerável em todos os terços - O MTAD+PUI obteve redução de microdureza considerável no terço coronal. - O MTAD+PIPS obteve redução da microdureza considerável no terço médio e apical. - No terço coronal a microdureza os valores dos grupo que contenham Qmix e o grupo EDTA + PUI foram consideravelmente menores que em MTAD+PUI. - No terço médio o grupo de QMix + PUI tiveram números significativamente mais baixos que o MTAD e EDTA + PIPS. - No terço apical não houve diferenças significativas entre os grupos com EDTA e MTAD nem entre os grupos de EDTA e QMix. - Os grupos QMix + PIPS e QMix + PUI mostraram valores mais baixos que os grupos de MTAD+CNI e MTAD+PUI no terço apical. - QMix+ PUI e QMix + PIPS mostraram as maiores reduções de microdureza nos três terços sem diferença estatística significativa.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Tabela 4: Comparação de diferentes soluções irrigadoras

Autor	Sequência de irrigação	Tempo em minutos	Medidas de resultado	Resultado Final
-------	------------------------	------------------	----------------------	-----------------

		(min)		
Eldeniz et al., 2005	G1-5,25% NaOCl G2-2,5% NaOCl G3-3% H2O2 G4-2,5% EDTA G5-0,2% CHX	15 min em cada grupo	Microdureza	O grupo que usou ácido cítrico apresentou menor microdureza comparado ao controle.
Saghiri et al., 2009	G1-2,6% NaOCl G2-17% EDTA/ 2,6% NaOCL (5 min) G3-CHX G4-MTAD G5-Solução Salina (Controle)	5 min (cada grupo) com exceção do grupo 3 em que levou apenas 1 min	Microdureza	<p>– Todos os grupos com exceção do CHX resultaram em redução da microdureza na profundidade de 100µm.</p> <p>- Em 500µm o grupo NaOCl e MTAD resultaram em reduções consideráveis na microdureza.</p> <p>- Em 100µm, o grupo NaOCl + EDTA (5 minutos) e o MTAD causaram maior redução de microdureza que CHX e o grupo controle.</p> <p>- Em 100µm, NaOCl + EDTA (1 minuto) causou mais redução da microdureza que o grupo controle.</p> <p>- Em 500um a maior redução de microdureza foi observada no MTAD.</p>
Cruz-Filho et al., 2011	G1-15% EDTA G2-10% Ácido cítrico G3-5% ácido málico G4-5% ácido acético G5-Vinagre de maçã G6-Citrato de sódio G7-Água destilada	5 min. (cada grupo)	Microdureza	<p>- O ácido cítrico e o EDTA tiveram maior redução da microdureza sem diferença significativa entre eles</p> <p>-Citrato de sódio e água destilada não alteraram a microdureza</p> <p>- Ácido málico, Vinagre de maçã, ácido acético tiveram alterações intermediárias</p>

	(controle)			
Tartari., 2013	<p>I: 2,5%NaOCl</p> <p>II: 17% EDTA</p> <p>III: 5% NaOCl /18%HEBP</p> <p>IV: 10% Ácido cítrico</p> <p>V: 9%HEBP</p> <p>Controle:Solução Salina</p>	No G 1, 3 e controle foram 30 min. cada. No G2 e G4 foram 3 minutos. O G 5 foram 5 min.	Microdureza	<p>- Todos os grupos, com exceção da solução salina apresentaram redução da microdureza.</p> <p>- Não houve diferença estatística significativa de redução de microdureza nos terços radiculares, apresentaram respostas iguais ao tratamento</p>
Akcay., 2013	<p>G1-7,5% EDTA/ 2,5% NaOCl</p> <p>G2-7,5% EGTA/ 2,5% NaOCl</p> <p>G3-7,5% CTDA/ 2,5% NaOCl</p> <p>G4-7,5% EDA/ 2,5% NaOCl</p> <p>G5-EDTA-EDA/ 1/1 EDTA-EDA</p>	1 miN. (cada grupo)	Microdureza	<p>- Houve diferença estatística considerável entre todos os grupos, exceto os grupos 7,5% EDTA/ 2,5% NaOCl e 7,5% EDA/ 2,5% NaOCl após a primeira aplicação da substância.</p> <p>- O grupo que apresentou maior redução da microdureza foi 7,5% EGTA/ 2,5% NaOCl</p> <p>- O grupo 5 teve a menor redução de microdureza.</p> <p>- EDTA-EDA/ 1/1 EDTA-EDA apresentou diferença significativa após a 2 aplicação da substância.</p>

Aranda-Garcia et al., 2013	G1-Água destilada G2-17% EDTA G3-MATD G4-Smear Clear G5Qmix	O G1 utilizou 3 min. O grupo G2 utilizou 5 min. O G3 utilizou 1 min. O G4 utilizou 2 min	Microdureza	- A microdureza dentinária se reduziu em todos os protocolos de irrigação final, não tendo diferença estatística entre eles com exceção do grupo controle.
Taneja et al., 2014	G1-5% NaOCl/Água destilada G2-5% NaOCl/17% EDTA G3-5% NaOCl/ 2,25% PAA G4-5% NaOCl/ QMix	5 min(cada grupo)	Microdureza	- O grupo do 5% NaOCl/ 2,25% PAA obteve a maior redução de microdureza. - Houve uma diferença estatística significativa entre todos os grupos com exceção de NaOCl + QMix e NaOCl + EDTA. - Uma correlação negativa existiu entre a perda de cálcio e a redução na microdureza da dentina radicular.
Kalluru et al., 2014	G1-17% EDTA G2-17% EDTAC G3-3% NaOCl G4-MTAD	2 sessões diferentes com 2 min. e com 5 min. cada grupo.	Microdureza	- Aos 2 minutos NaOCl obteve maior microdureza e o EDTA a menor. - Em 5 minutos o MTAD obteve a maior microdureza e o EDTA obteve a menor microdureza. Não houveram diferenças estatísticas relevantes entre as substâncias irrigadoras utilizadas
Kara Tuncer et al., 2015	G1-17% EDTA + 2.5% NaOCl G217% EDTA + 2% CHX G3QMix	1 min. (cada grupo).	Microdureza	O ácido maleico apresentou a maior redução na microdureza da dentina em todos os terços. - Nos terços coronal e médio não houve diferença estatística significativa entre os outros grupos. - QMix, 17% EDTA + 2% CHX não tiveram diferenças estatísticas significativas no terço apical.

	G47% Ácido Maleico			- QMix e 17% EDTA + 2% CHX tiveram redução de microdureza significativa na região apical quando comparado ao 17% EDTA + 2,5% NaOCl.
Khosla et al., 2017	G1-17% EDTA G210% ácido cítrico G35% ácido maleico MTAD	5 min.(cada grupo)	Microdureza	- 5% de ácido maleico como agente quelante causa a maior perda de cálcio e redução da microdureza da dentina radicular, seguido por 10% de ácido cítrico, MTAD e 17% de EDTA. Portanto, 5% de ácido maleico foi o agente quelante mais eficaz entre os utilizados no estudo, existindo uma correlação positiva e significativa entre a perda de cálcio da dentina radicular e a redução da microdureza.
Saha et al., 2017	G1-3% NaOCl G2-17% EDTA G3-0,2 Quitosana G4-6% de extrato de Morindacitriifolia (MCJ)	15 min. (cada grupo)	Microdureza	Os resultados do presente estudo indicaram que 17% de EDTA e 0,2% de quitosana diminuíram significativamente a microdureza da dentina radicular. - 6% de MCJ e 3% de NaOCl não tiveram efeito significativo na microdureza antes e depois da utilização dos irrigantes.
Abbas et al., 2018	G1-2,5% NaOCl G2-17% EDTA G3-40% Ácido Cítrico G4-Água destilada a	Tempo não foi informado	Microdureza	- O EDTA obteve a maior redução de microdureza após a irrigação. - O Ácido cítrico teve a menor redução de microdureza. - Não houve diferença estatística significativa entre eles.
Akbulut et al., 2018	G1-Vinagre de Romã G2-Vinagre de uva G3-Vinagre de maçã	Duas sessões foram utilizadas, uma com	Microdureza	- Não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores de microdureza dos grupos irrigadores. - A microdureza diminuiu com o aumento do tempo de exposição de 15 min para 30 min. -

	G4-2.5% NaOCl G5-2% CHX G6-OCT G7-Água Destilada	15 min. e outra com 30 min. cada grupo.		
Dawhan et al., 2019	G1-17% EDTA+2,5% NaOCl (controle) G2-17% EGTA G3-Ácido Cítrico G4-MTAD G5-17% EDTA	1 min.(cada grupo)	Microdureza	- O CHX-Ultra apresentou a menor redução de microdureza. - O EDTA apresentou a maior redução da microdureza em comparação a todos os grupos testados. - A diferença média de microdureza foi estatisticamente significativa.
Unnikrishnan et al., 2019	G1-(NaOCl)-Extra G2-CHX-Ultra G3-EDTA G4-QMix G5-MTAD G6-Solução salina (controle)	5 min.(cada grupo).	Microdureza	- 17% EDTA e 17% EGTA tiveram a menor redução de microdureza quando comparado aos outros grupos. - O 10% ácido cítrico, mostrou valor estatisticamente significativo quando comparado com o grupo 17% EDTA. - O grupo 17% EDTA seguido de enxágue final com 2,5% NaOCl mostrou valor estatisticamente significativo quando comparado ao grupo 5 (17% EDTA) usado como irrigação final.
Pedersen et al.,	G1-1% NaOCl	G 1 e G3	Microdureza	- O grupo NaOCl 5% apresentou a maior redução de microdureza.

2020	G2-1% NaOCl + 17% EDTA G3-5% NaOCl	utilizaram 20 min. O G 2 utilizou uma sessão de 15 min e mais uma sessão de 3 min.		- Os grupos 1% NaOCl e 1% NaOCl + 17% EDTA, não obtiveram diferenças estatísticas significativas.
Pinto et al., 2020	G1-Solução Salina (controle) G2-2,5% NaOCl + 17% EDTA G3-2,5% Extrato de Stevia G4-SmearClear	Tempo não foi informado	Microdureza	- O Grupo 2,5% Extrato de Stevia apresentou uma ligeira diferença em comparação ao Grupo . O grupo SmearClear. - O Grupo 2,5% NaOCl + 17% EDTA apresentou a maior redução na microdureza.
Ratih et al., 2020	G5-17% EDTA G6-0.2% nanopartículas de quitosana G7-2.5% NaOCl	3 min(cada grupo).	Microdureza	- A quitosana obteve menor redução de microdureza comparado ao EDTA - O NaOCl teve a menor redução de microdureza comparado aos outros grupos. - Houve diferença estatística significativa entre os grupos.
Sahebi et al.,	I:	Todos os	Microdureza	- Os dentes jovens apresentaram menor microdureza quando comparado a dentes envelhecidos.

2020	<p>2.5%NaOCl+5%EDTA</p> <p>II: 2.5%NaOCl + 15%EDTA,</p> <p>III: 2.5%NaOCl,</p> <p>IV: 5%EDTA</p> <p>V: 15%EDTA</p> <p>Grupo Controle: Solução Salina</p>	<p>grupos utilizaram 20 min, com exceção do G 4 e G 5 que utilizaram 5 min.</p>		<p>- Houve redução significativa nos valores da microdureza em dentes envelhecidos nos grupo expostas a 2,5% de NaOCl isolado ou em combinação com 5% EDTA e 15% EDTA.</p>
Shah et al., 2020	<p>Grupo controle: Solução Salina</p> <p>I: 2.5% NaOCl</p> <p>II: 2.5% NaOCl + 5% STS</p> <p>III: Solução Salina + 5% STS</p>	<p>Grupo controle e G 1 utilizaram 15 min. G 2 e 3 utilizaram 2 sessões uma com 15 min e outra com 10 min.</p>	Microdureza	<p>- Todos os grupos apresentaram redução significativa no valor da microdureza em comparação ao grupo controle.</p> <p>- O grupo NaOCl + STS reduziu significativamente a microdureza quando comparado ao STS utilizado de forma isolada.</p>
Fernandes-Zancan et al., 2021	<p>G1-NaOCl de</p> <p>G2-2% NaOCl + 17% EDTA</p> <p>G3-NaOCl 2%-EDTA-NaOCl 2%</p>	<p>O tempo não foi informado.</p>	Microdureza	<p>O uso de NaOCl a 2% não resultou em alterações na microdureza dentinária.</p> <p>- Houve redução significativa na microdureza dentinária nos protocolos 5% NaOCl 17% EDTA (G9; EDTA;; Protocolo E), 17% EDTA/1% cloreto de benzalcônio (EDTA-BC; Protocolo F-G10) e solução salina (Protocolo G-G11) usados sem NaOCl não afetaram a microdureza da dentina respectivamente). Quando EDTA foi usado após NaOCl a 5%, como no Protocolo B, Grupo 5, a microdureza da dentina foi significativamente reduzida (p = 0,02). A inclusão de 1% BC em EDTA</p>

	<p>G4-NaOCl 5%</p> <p>G5-NaOCl 5%-EDTA</p> <p>G6-NaOCl 5%-EDTA-NaOCl 5%</p> <p>G7-NaOCl 2%-EDTA-BC</p> <p>G8-NaOCl 5%-EDTA-BC</p> <p>G9-EDTA</p> <p>G10-EDTA-BC</p>			neutralizou os efeitos do NaOCl a 5% no Grupo 8 e não ocorreu redução na microdureza da dentina no Protocolo D ($p > 0,05$).
Retana-Lobo et al., 2022	<p>G1-Água destilada</p> <p>G2-NaOCl + EDTA</p> <p>G3-EDTA</p> <p>G4-EDTA + NaOCl</p> <p>G5-EDTA-CHX</p> <p>G6-PUI: NaOCl+EDTA</p> <p>G7-PUI:NaOCl + EDTA +NaOCl</p>	O tempo não foi informado.	Microdureza	<p>- O Grupo que utilizou PUI:NaOCl + EDTA + NaOCl demonstrou maior redução da microdureza dentinária.</p> <p>- Não houve diferença estatística significativa entre o grupo que utilizou PUI:NaOCl + EDTA + NaOCl e os grupos, EDTA, EDTA + NaOCl, EDTA-CHX, PUI: NaOCl+EDTA.</p> <p>- O grupo NaOCl + EDTA obteve maior valores de microdureza comparado ao grupo PUI:NaOCl + EDTA +NaOCl.</p> <p>- O grupo NaOCl + EDTA não teve diferença estatística significativa em relação aos demais grupos.</p>
Farooq et al., 2022	G1-Extrato de Sapindus Mukorossi	15 min. (cada grupo).	Microdureza	- Não houve diferença significativa na microdureza da dentina da amostra do grupo Extrato de Sapindus Mukorossi após a irrigação.

	G2-EDTA G3-Água destilada			<ul style="list-style-type: none"> - O estudo encontrou diferença significativa na diminuição da microdureza da dentina após a irrigação de uma amostra em solução irrigadora do grupo EDTA - A menor redução da microdureza foi do Extrato de Sapindus Mukorossi. - A maior redução de microdureza foi do EDTA.
Singh et al., 2023	G1-Solução Salina G2-5% NaOCl G3-2% CHX G4-5% Extrato de Romã	5 min. (cada grupo).	Microdureza	<ul style="list-style-type: none"> - A maior redução de microdureza foi do NaOCl seguido pela CHX, extrato de romã e o grupo controle, em ordem. - A redução de microdureza foi em porcentagem foi solução salina , NaOCl, CHX, e extrato de romã foi 4,1%, 36,6%, 18.9% e 6,4% respectivamente. - Exceto entre os grupos 2% CHX e 5% de extrato de romã houve diferença estatística significativa entre eles.
Geogi et al., 2024	G1-Solução Salina G2-3% NaOCl G3-2% CHX G4-5% CaOH G5-0,2% nanoquitosana	15 min. (cada grupo).	Microdureza	<ul style="list-style-type: none"> - Todas as soluções de irrigação testadas diminuíram a microdureza dentinária. - As amostras irrigadas com hipoclorito de cálcio a 5% apresentaram maior redução de microdureza seguido por nanoquitosana, hipoclorito de sódio e clorexidina.

6 DISCUSSÃO

A literatura evidencia de forma consistente que as soluções irrigadoras utilizadas durante o tratamento endodôntico exercem influência direta sobre as propriedades mecânicas e estruturais da dentina, especialmente sobre sua microdureza. Essa alteração está relacionada à composição química dos irrigantes, sua concentração, tempo de exposição e possíveis combinações entre agentes com diferentes mecanismos de ação. Entre as soluções mais estudadas, o hipoclorito de sódio (NaOCl), o ácido etilendiamino tetra-acético (EDTA) e a clorexidina (CHX) apresentam comportamentos distintos, oscilando entre alto potencial de desmineralização e maior preservação dentinária.

O hipoclorito de sódio, amplamente utilizado como irrigante principal, é conhecido por sua potente ação antimicrobiana e capacidade de dissolução tecidual. Entretanto, diversos estudos demonstram que seu uso pode comprometer a integridade da dentina ao reduzir significativamente a microdureza. Em concentrações mais baixas, como 2,5%, Ari et al. (2004), Patil e Uppin (2011), Garcia et al. (2013) e Tartari et al. (2013) observaram que o NaOCl causa diminuição da microdureza proporcional ao tempo de exposição, sendo o efeito mais acentuado entre 15 e 30 minutos. Abbas et al. (2018) confirmaram esse padrão, ainda que sem diferença estatística significativa, sugerindo que variações metodológicas e nas características do substrato influenciam os resultados. Estudos que associaram o NaOCl a agentes quelantes, como EDTA, EGTA, CTDA e HEBP, evidenciaram que essa combinação potencializa a desmineralização, principalmente quando combinada a ácidos orgânicos como o cítrico e o etidrônico (Ackay et al., 2013; Shah et al., 2020; Ulusoy et al., 2020). Singh et al. (2022) reforçaram que a associação de

NaOCl com EDTA ou CHX intensifica a perda de dureza, sobretudo nos terços cervicais, possivelmente devido à maior permeabilidade dentinária nessa região. Assim, apesar de o NaOCl isolado em curtos períodos causar menor dano, seu uso prolongado ou combinado a agentes desmineralizantes acentua a degradação dentinária.

Em concentrações mais altas, como 5,25%, o efeito do hipoclorito é ainda mais pronunciado. Ari et al. (2004), Eldeniz et al. (2005) e Tsenova-Ilieva e Karova (2025) demonstraram reduções significativas da microdureza, com impacto diretamente proporcional ao tempo de exposição. Eldeniz et al. (2005) observaram que a combinação de NaOCl com ácido cítrico ou EDTA potencializa essa perda, mesmo em períodos curtos, enquanto Tsenova-Ilieva e Karova (2025) mostraram que a sequência de NaOCl e EDTA reduz a microdureza independentemente da ativação ultrassônica. Assim, tanto a duração quanto a associação química são determinantes para o grau de alteração estrutural, indicando que concentrações mais elevadas, embora mais eficazes na limpeza, comprometem de forma mais intensa as propriedades mecânicas da dentina.

O EDTA a 17%, por sua vez, é amplamente reconhecido por seu forte poder quelante e capacidade de remoção da *smear layer*, mas essa ação vem acompanhada de significativa redução da microdureza dentinária. Patil e Uppin (2011) relataram queda progressiva da microdureza, inclusive em regiões mais profundas, enquanto Zaparolli, Saquy e Cruz-Filho (2012) mostraram que o EDTA isolado ou associado ao NaOCl causa as maiores reduções, sem diferença entre ambas as formas de uso, mas superiores ao NaOCl isolado. Aslantas et al. (2014) corroboraram esses achados ao demonstrarem que o EDTA reduziu de modo mais

acentuado a microdureza do que CHX e CHX-Plus após apenas 5 minutos de contato. Outros autores, como Kalluru et al. (2014) e Saha et al. (2017), destacaram que mesmo curtos períodos (2 a 5 minutos) já são suficientes para causar alterações significativas, sendo o EDTA consistentemente classificado como o irrigante mais agressivo. Khosla, Mala e Sheony (2017) acrescentaram que, embora menos intenso que ácidos orgânicos como o cítrico ou o maleico, o EDTA promove considerável perda de cálcio e microdureza.

A combinação de EDTA e NaOCl amplifica o efeito deletério sobre a dentina, pois o primeiro remove íons cálcio e o segundo degrada a matriz orgânica. Saghiri et al. (2009) mostraram que o protocolo sequencial NaOCl + EDTA reduz mais a microdureza do que o NaOCl isolado, especialmente nas camadas superficiais (100 µm). Esses achados foram corroborados por Ulusoy et al. (2020) e Tsenova-Ilieva e Karova (2020), que observaram diminuição significativa mesmo após exposições de apenas 1 a 2 minutos, e por Shah et al. (2020) e Fernandes Zancan et al. (2021), que constataram que a combinação de 5% NaOCl com 17% EDTA promove as maiores perdas de dureza. A ativação ultrassônica, segundo Arul et al. (2021), potencializa ainda mais esse efeito, aumentando a desmineralização nos três terços radiculares. De modo geral, o EDTA é considerado o irrigante mais eficiente na remoção da smear layer, mas o mais agressivo em termos de perda mineral e microdureza, sendo seu uso recomendado por curtos períodos, preferencialmente inferiores a dois minutos.

Em contraste, a clorexidina apresenta comportamento mais conservador em relação à integridade dentinária. Por não possuir ação quelante ou dissolução tecidual, sua influência na microdureza é menor e fortemente dependente da

concentração e tempo de exposição. Ari et al. (2004) demonstraram que a CHX a 0,2% não causou redução da microdureza, enquanto Saghiri et al. (2009) confirmaram que todos os irrigantes, exceto o CHX, diminuíram a dureza a 100 µm de profundidade. Dhawan et al. (2019) também relataram que o grupo CHX-Ultra apresentou a menor redução de microdureza, em contraste com o EDTA, que apresentou a maior. Por outro lado, Oliveira et al. (2007) observaram que a CHX a 2% causou redução significativa, semelhante à do NaOCl a 1%, embora sem diferença estatística entre ambos, enquanto Singh et al. (2022) registraram reduções mais acentuadas para EDTA, seguidas por NaOCl+CHX, CHX isolada e, por último, NaOCl. Singh A. et al. (2023) reportaram reduções percentuais de 36,6% para NaOCl, 18,9% para CHX e 6,4% para extrato de romã, confirmando o efeito menos agressivo da CHX.

Aslantas et al. (2014) observaram que, em comparação com EDTA e REDTA, a CHX e a CHX-Plus provocaram menor redução de microdureza, e que a adição de surfactantes não alterou significativamente esse resultado. Kara Tuncer et al. (2015) também mostraram que, embora o ácido maleico tenha sido o mais agressivo, a combinação EDTA+CHX reduziu a microdureza em menor grau que EDTA+NaOCl, principalmente na região apical. Akbulut et al. (2018) confirmaram que o tempo de exposição é determinante: mesmo sem diferenças significativas entre soluções, a microdureza diminuiu de 15 para 30 minutos de contato.

Portanto, a análise conjunta dos estudos indica que, embora a clorexidina possa reduzir a microdureza da dentina, especialmente em concentrações mais altas e tempos de exposição prolongados, seu efeito é consideravelmente menor do que o observado com agentes quelantes e soluções de hipoclorito. Assim, quando o

objetivo é minimizar alterações estruturais na dentina radicular, o uso de CHX isolada, em baixas concentrações e por curtos períodos, parece ser uma alternativa mais conservadora e segura.

Entretanto, é importante destacar que ainda existem algumas limitações nos estudos analisados, como a falta de padronização nos delineamentos experimentais, variações significativas nas metodologias empregadas (como tempo de exposição, tipo de dentina avaliada) e diferenças nas concentrações testadas. Além disso, alguns trabalhos apresentam resultados conflitantes, o que dificulta a comparação direta entre as pesquisas e a consolidação de um consenso definitivo sobre o real impacto das soluções irrigadoras na microdureza dentinária. Dessa forma, torna-se evidente a necessidade de protocolos experimentais mais uniformes e estudos comparativos controlados para esclarecer de forma mais precisa a influência desses irrigantes na microdureza dentinária.

7 CONCLUSÃO

Conclui-se que as soluções irrigadoras influenciam significativamente a microdureza da dentina radicular, sendo o efeito dependente da composição, concentração e tempo de exposição. O hipoclorito de sódio e o EDTA, isolados ou combinados, promovem as maiores reduções de dureza devido à sua ação desmineralizante e degradante da matriz orgânica, enquanto a clorexidina apresenta comportamento mais conservador, ocasionando menor alteração estrutural. Assim, a escolha e o tempo de uso dos irrigantes devem ser criteriosamente controlados, visando equilibrar a eficácia antimicrobiana com a preservação das propriedades mecânicas da dentina, destacando-se ainda a necessidade de estudos padronizados para consolidar protocolos clínicos mais seguros e eficazes.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, F. S.; ABDULREDAH, N. J.; HASSAN, A. S. Effect of final irrigation protocol on dentin microhardness. **Biomedical and Pharmacology Journal**, v. 11, n. 4, p. 2157-2162, 2018.
- AKBULUT, M. B.; GUNESER, M. B.; ELDENIZ, A. U. Effects of fruit vinegars on root dentin microhardness and roughness. **Journal of Conservative Dentistry and Endodontics**, v. 22, n. 1, p. 97-101, 2019.
- AKCAY, I.; ERDILEK, N.; SEN, B. H. The efficacy of an experimental single solution versus alternate use of multiple irrigants on root dentin microhardness. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, v. 5, n. 2, p. e83, 2013.
- ARANDA-GARCIA, A. J. et al. Effect of final irrigation protocols on microhardness and erosion of root canal dentin. **Microscopy Research and Technique**, v. 76, n. 10, p. 1079-1083, 2013.
- ARI, H.; ERDEMIR, A.; BELLI, S. Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. **Journal of Endodontics**, v. 30, n. 11, p. 792-795, 2004.
- ARUL, B.; SURESH, N.; SIVARAJAN, R.; NATANASABAPATHY, V. Influence of volume of endodontic irrigants used in different irrigation techniques on root canal dentin microhardness. **Indian Journal of Dental Research**, v. 32, n. 2, p. 230-235, 2021
- ASLANTAS, E. E. et al. Effect of EDTA, sodium hypochlorite, and chlorhexidine gluconate with or without surface modifiers on dentin microhardness. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 6, p. 876-879, 2014.
- BALDASSO, F. E. R. et al. Effect of final irrigation protocols on microhardness reduction and erosion of root canal dentin. **Brazilian Oral Research**, v. 31, p. e40, 2017.
- CRUZ-FILHO, A. M. et al. Effect of chelating solutions on the microhardness of root canal lumen dentin. **Journal of Endodontics**, v. 37, n. 3, p. 358-362, 2011.
- DHAWAN, R. et al. Effect of different irrigating solutions with surfactants on the microhardness and smear layer removal of root canal dentin: an in vitro study. **Journal of Conservative Dentistry and Endodontics**, v. 22, n. 5, p. 454-458, 2019.
- DINESHKUMAR, M. K. et al. Effect of ethylene diamine tetra-acetic acid, MTADTM, and HEBP as a final rinse on the microhardness of root dentin. **Journal of Conservative Dentistry and Endodontics**, v. 15, n. 2, p. 170-173, 2012.
- ELDENIZ, A. U.; ERDEMIR, A.; BELLI, S. Effect of EDTA and citric acid solutions on the microhardness and the roughness of human root canal dentin. **Journal of Endodontics**, v. 31, n. 2, p. 107-110, 2005.

FAROOQ, A. et al. Comparison of an experimental root canal irrigant (Sapindus mukorossi) and ethylenediaminetetraacetic acid on microhardness of human dentin. **Journal of Ayub Medical College Abbottabad**, v. 34, n. 4, p. 770-774, 2022.

FERNANDES ZANCAN, R. et al. A matched irrigation and obturation strategy for root canal therapy. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 4666, 2021.

GARCIA, A. J. et al. Effect of sodium hypochlorite under several formulations on root canal dentin microhardness. **Journal of Investigative and Clinical Dentistry**, v. 4, n. 4, p. 229-232, 2013.

GEOGI, C. C. et al. A comparative evaluation of the effect of different endodontic irrigating solutions on microhardness of root canal dentin: an in vitro study. **Journal of Dentistry**, v. 25, n. 3, p. 236, 2024.

İNCE YUSUFOĞLU, S. et al. Comparison of EDTA and Boric Acid irrigation in terms of root canal dentin microhardness and sealer penetration depth. **Journal of Dentistry Indonesia**, n. 3, 2023.

KALLURU, R. S. et al. Comparative evaluation of the effect of EDTA, EDTAC, NaOCl and MTAD on microhardness of human dentin – an in vitro study. **Journal of Clinical and Diagnostic Research (JCDR)**, v. 8, n. 4, p. ZC39, 2014.

KARA TUNCER, A.; TUNCER, S.; SISO, S. H. Effect of QMIX irrigant on the microhardness of root canal dentine. **Australian Dental Journal**, v. 60, n. 2, p. 163-168, 2015.

OLIVEIRA, L. D. et al. Effects of chlorhexidine and sodium hypochlorite on the microhardness of root canal dentin. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, v. 104, n. 4, p. e125-e128, 2007.

PATIL, C. R.; UPPIN, V. Effect of endodontic irrigating solutions on the microhardness and roughness of root canal dentin: an in vitro study. **Indian Journal of Dental Research**, v. 22, n. 1, p. 22-27, 2011.

PEDERSEN, N. D. et al. Influence of different irrigation protocols on microhardness and flexural strength values of young and aged crown dentin. **Gerodontology**, v. 37, n. 1, p. 53-58, 2020.

PINTO, L. F. et al. Effect of different irrigation protocols and calcium hydroxide dressing on the microhardness of root canal dentin. **Giornale Italiano di Endodonzia**, v. 34, n. 2, 2020.

RATIH, D. N. et al. The effect of chitosan nanoparticle as a final irrigation solution on the smear layer removal, micro-hardness and surface roughness of root canal dentin. **The Open Dentistry Journal**, v. 14, n. 1, 2020.

RETANA-LOBO, C. et al. Final irrigation protocols affect radicular dentin DMP1-CT expression, microhardness, and biochemical composition. **Clinical Oral Investigations**, v. 26, n. 8, p. 5491-5501, 2022.

SAGHIRI, M. A. et al. A study of the relation between erosion and microhardness of root canal dentin. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, v. 108, n. 6, p. e29-e34, 2009.

SAHA, S. G. et al. Effectiveness of various endodontic irrigants on the micro-hardness of the root canal dentin: an in vitro study. **Journal of Clinical and Diagnostic Research (JCDR)**, v. 11, n. 4, p. ZC01, 2017.

SAHEBI, S. et al. Assessment of sodium thiosulfate neutralizing effect on micro-hardness of dentin treated with sodium hypochlorite. **BMC Oral Health**, v. 20, n. 1, p. 326, 2020.

SHAH, A. P. et al. Comparative evaluation of root dentin microhardness after using different standard irrigating solutions and Stevia leaf extract – an in vitro study. **Journal of Clinical & Diagnostic Research**, v. 14, n. 8, 2020.

SHI, L. et al. Evolution of the combined effect of different irrigation solutions and activation techniques on the removal of smear layer and dentin microhardness in oval-shaped root canal: an in vitro study. **Biomolecules and Biomedicine**, v. 23, n. 1, p. 126, 2023.

SHRUTHI, S. T. Effect of heated sodium hypochlorite irrigant on structural changes and microhardness of radicular dentin: an in vitro study. **The Journal of Contemporary Dental Practice**, v. 24, n. 3, p. 176-180, 2023.

TEJASWI, S. et al. Comparative evaluation of microhardness and color change of root dentin using Punica granatum (pomegranate extract), sodium hypochlorite, chlorhexidine and normal saline as an endodontic irrigant – an in vitro study. **Pharmacognosy Journal**, v. 15, n. 5, 2023.

TANEJA, S. et al. Effect of QMix, peracetic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on calcium loss and microhardness of root dentine. **Journal of Conservative Dentistry and Endodontics**, v. 17, n. 2, p. 155-158, 2014.

TARTARI, T. et al. A new weak chelator in endodontics: effects of different irrigation regimens with etidronate on root dentin microhardness. **International Journal of Dentistry**, 2013, n. 1, 743018.

TSENOVA-ILIEVA, I.; KAROVA, E. The effect of different irrigants with or without ultrasonic activation on root dentin microhardness. **Journal of IMAB–Annual Proceeding Scientific Papers**, v. 27, n. 1, p. 3534-3538, 2021.

ULUSOY, Ö. İ. et al. Nanohardness reduction and root dentine erosion after final irrigation with ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acids. **International Endodontic Journal**, v. 53, n. 11, p. 1549-1558, 2020.

UNNIKRISHNAN, M. et al. 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**, v. 11, Suppl. 2, p. S156-S163, 2019.

