www.revistaft.com.br

Revista FT | ISSN 1678-0817 | v. 30, n. 164, 2026 | DOI: 10.69849/r964r459

Estratégias atuais para otimização da desinfecção do sistema de canais radiculares na endodontia

Current strategies for optimizing the disinfection of the root canal system in endodontics

Lórhyan Bazzano Magalhães Mascarello
Fábio Henrique Lozano Monteiro
Juliana Bellini Pereira da Silva
Danilo Kirschner Camargo Moraes (Orientador)

RESUMO

A desinfecção do sistema de canais radiculares é fundamental para o sucesso do tratamento endodôntico. Apesar de o preparo químico-mecânico promover significativa redução microbiana, a complexidade anatômica dos canais pode dificultar a ação dos instrumentos e irrigantes em regiões como istmos, ramificações e túbulos dentinários. Nesse contexto, a otimização da desinfecção pode envolver a associação de soluções irrigadoras, como o hipoclorito de sódio e o EDTA, à ativação dos irrigantes por métodos ultrassônicos ou sônicos. Essas estratégias favorecem a circulação e a penetração das soluções, contribuindo para uma limpeza mais eficiente das áreas não alcançadas pela instrumentação.Assim, a combinação entre preparo mecânico, irrigação adequada, remoção da smear layer e protocolos complementares representa uma importante estratégia para potencializar a redução microbiana e melhorar a qualidade da desinfecção do sistema de canais radiculares.

Palavras-chave: Endodontia, Desinfecção, Preparo Químico Mecânico, Sistema de Canais Radiculares.

ABSTRACT

The disinfection of the root canal system is essential for the success of endodontic treatment. Although chemical-mechanical preparation promotes significant microbial reduction, the anatomical complexity of the channels can hinder the action of instruments and irrigants in

regions such as isthmus, branches and dentin tubules. In this context, the optimization of disinfection may involve the association of irrigation solutions, such as sodium hypochlorite and EDTA, to the activation of irrigants by ultrasonic or sonic methods. These strategies favor the circulation and penetration of solutions, contributing to a more efficient cleaning of areas not reached by instrumentation. Thus, the combination of mechanical preparation, proper irrigation, smear layer removal and complementary protocols represents an important strategy to enhance microbial reduction and improve the quality of disinfection of the root canal system.
Keywords: Endodontics, Disinfection, Mechanical Chemical Preparation, Root Canal System.

1.INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico tem como um de seus principais objetivos a redução e o controle da carga microbiana presente no sistema de canais radiculares. Entretanto, a complexidade anatômica dos canais, caracterizada pela presença de ramificações, istmos, irregularidades e regiões de difícil acesso aos instrumentos, torna a completa desinfecção um desafio clínico. Dessa forma, embora o preparo químico-mecânico seja fundamental para a remoção de tecidos e microrganismos, a utilização de protocolos complementares de irrigação e desinfecção é importante para potencializar a limpeza do sistema de canais radiculares. Nesse estudo foi destacado que a irrigação representa um dos principais recursos para a limpeza e desinfecção dos canais radiculares, uma vez que os irrigantes são capazes de alcançar áreas que não são diretamente tocadas pelos instrumentos.

Os autores ressaltam ainda que o hipoclorito de sódio permanece como o principal irrigante utilizado na Endodontia devido à sua atividade antimicrobiana e capacidade de dissolução de tecidos orgânicos. Entretanto, suas limitações reforçam a necessidade de associação com outras estratégias, especialmente agentes quelantes e métodos capazes de melhorar a distribuição e a ação das soluções irrigadoras. (Boutsioukis *et al.* Arias-Moliz 2022).A remoção da smear layer também constitui uma etapa relevante para a otimização da desinfecção pós-preparo, ao avaliar diferentes protocolos utilizando hipoclorito de sódio a 2,5% e EDTA a 17%, observaram que a associação dessas soluções favoreceu a remoção da smear layer, embora a limpeza não tenha sido completamente uniforme em todos os terços radiculares. Esses achados demonstram que a escolha e a sequência dos irrigantes podem

interferir diretamente na qualidade da limpeza das paredes dentinárias, principalmente em regiões de maior complexidade anatômica. (Silveira *et al.* 2013)

Este trabalho será desenvolvido por meio de uma revisão de literatura,contemplando estudos científicos e evidências sobre as estratégias de otimização da desinfecção do sistema de canais radiculares na endodontia, com o objetivo de compreender os fatores que potencializam a eficácia das soluções irrigadoras e dos protocolos complementares na redução da carga microbiana e na promoção de uma limpeza mais eficiente do sistema de canais radiculares.

2.REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Soluções Irrigadoras e Substâncias Químicas Auxiliares na Desinfecção Pós Preparo

A desinfecção do sistema de canais representa uma etapa fundamental do tratamento endodôntico, uma vez que a instrumentação mecânica, isoladamente, não é capaz de promover a completa remoção dos microrganismos e resíduos presentes no interior dos canais.Nesse contexto, as soluções irrigadoras desempenham um papel essencial na limpeza e desinfecção, contribuindo para a remoção de tecidos orgânicos, resíduos dentinários e microrganismos presentes em regiões de difícil acesso.

O hipoclorito de sódio (NaOCl) destaca-se entre as soluções irrigadoras utilizadas na Endodontia devido à sua atividade antimicrobiana e capacidade de dissolução de tecidos orgânicos. Essas propriedades favorecem a remoção de restos pulpares e a redução da carga microbiana no interior do sistema de canais radiculares. Entretanto, sua utilização exige cuidados relacionados à concentração e à técnica de irrigação, considerando seu potencial citotóxico quando em contato com os tecidos periapicais.Os autores também abordam a clorexidina, substância que apresenta atividade antimicrobiana de amplo espectro e substantividade, característica relacionada à sua capacidade de permanecer ligada às superfícies dentárias e exercer ação residual.Apesar dessas propriedades, a clorexidina apresenta limitações importantes, principalmente por não possuir capacidade significativa de dissolução de tecidos orgânicos, diferentemente do NaOCl.(Khoury *et al.* 2024).

Outro aspecto relevante discutido por refere-se à utilização de agentes quelantes, como o ácido etilendiaminotetracético (EDTA) e o ácido cítrico, que auxiliam na remoção dos componentes inorgânicos da smear layer, formada durante o preparo químico-mecânico. A

remoção dessa camada favorece a limpeza das paredes dos canais radiculares e a exposição dos túbulos dentinários, contribuindo para a eficácia dos procedimentos de desinfecção e obturação.

Além disso, destacam a importância de compreender as interações químicas entre as diferentes soluções irrigadoras, uma vez que determinadas associações podem comprometer suas propriedades e reduzir sua eficácia. Dessa forma, a seleção dos irrigantes e a sequência de utilização devem ser planejadas de acordo com suas características químicas, objetivos clínicos e possíveis efeitos adversos.(Khoury *et al.* 2024)

Portanto, a otimização da desinfecção do sistema de canais radiculares depende da escolha adequada das soluções irrigadoras e da compreensão de seus mecanismos de ação e limitações. A associação criteriosa de substâncias com propriedades complementares pode favorecer a remoção de resíduos e a redução microbiana, contribuindo para melhores condições de limpeza do sistema de canais radiculares após o preparo químico-mecânico. (Khoury *et al.* 2024).

2.2 Protocolo de Irrigação com Hipoclorito de Sódio

A irrigação representa uma etapa essencial do tratamento endodôntico, uma vez que a instrumentação mecânica, isoladamente, não é capaz de promover a completa limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares. Nesse contexto, o NaOCl destaca-se por suas propriedades antimicrobianas e capacidade de dissolução de tecidos orgânicos, contribuindo para a remoção de resíduos e a redução da carga microbiana durante o preparo químico-mecânico. (Boutsioukis e Arias-Moliz *et al.*2022)

A efetividade da irrigação depende de diferentes fatores, incluindo as características da solução irrigadora, sua renovação, o volume utilizado e a capacidade de distribuição no interior do sistema de canais radiculares. A anatomia complexa dos canais pode dificultar a chegada do irrigante a determinadas regiões, especialmente em áreas não alcançadas diretamente pelos instrumentos endodônticos. Dessa forma, a utilização adequada do hipoclorito de sódio durante o preparo é importante para favorecer a limpeza de regiões de difícil acesso. (Boutsioukis e Arias-Moliz *et al.*2022)

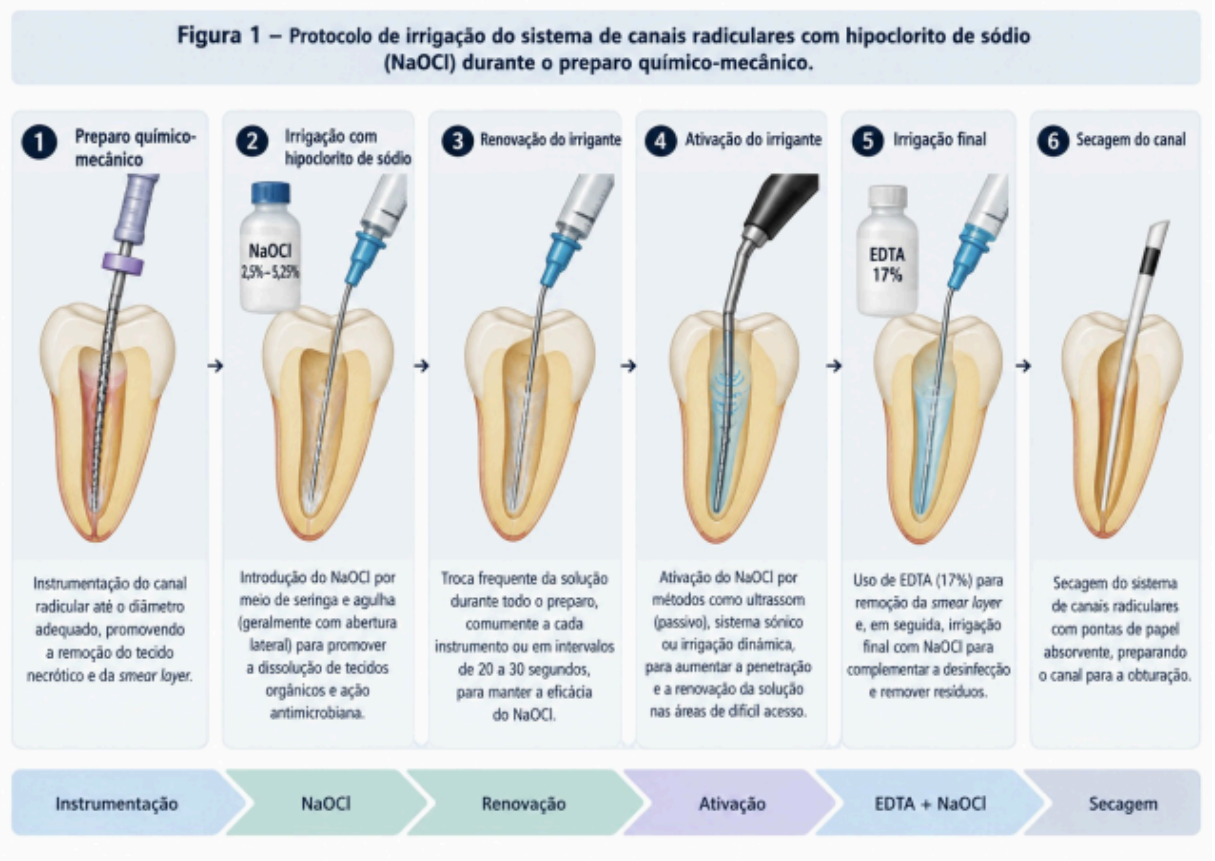
Nesse estudo avaliaram a influência do volume do NaOCl e do tempo de contato na capacidade de dissolução de tecido pulpar durante a irrigação endodôntica. O estudo comparou protocolos de irrigação contínua e intermitente utilizando um modelo tridimensional de canal radicular e tecido pulpar bovino padronizado. Na irrigação contínua,

foi utilizado NaOCl a uma taxa de 1 mL/min, enquanto na irrigação intermitente foram empregados menores volumes da solução, associados a períodos de repouso de três minutos. Os autores observaram que ambos os protocolos foram capazes de promover a dissolução completa do tecido pulpar, porém apresentaram diferenças significativas quanto ao volume utilizado e ao tempo necessário para alcançar esse resultado. No protocolo contínuo, a dissolução completa ocorreu com aproximadamente 6,0 mL de NaOCl e em cerca de 6 minutos, enquanto o protocolo intermitente alcançou o mesmo resultado utilizando aproximadamente 0,4 mL, porém necessitando de aproximadamente 12,6 minutos. Dessa forma, Iandolo demonstrou que tanto o volume do irrigante quanto o tempo de exposição influenciam significativamente a dissolução tecidual. Esses achados reforçam a importância da adequação do protocolo de irrigação para a otimização da desinfecção do sistema de canais radiculares após o preparo, considerando não apenas a concentração do NaOCl, mas também sua renovação, volume disponível e tempo de contato com os tecidos. (Iandolo *et al*.2025)

Os autores também discutem os métodos de irrigação e ativação das soluções, destacando que a irrigação convencional com seringa e agulha apresenta limitações relacionadas à distribuição do líquido no interior dos canais. Nesse sentido, técnicas complementares, como a ativação ultrassônica, podem favorecer a movimentação do irrigante e contribuir para a remoção de resíduos em regiões complexas.Entretanto,ressaltam a importância de interpretar criticamente as evidências científicas disponíveis, considerando que os resultados laboratoriais nem sempre representam diretamente os desfechos clínicos.

Outro aspecto relevante refere-se à utilização de diferentes soluções irrigadoras durante a etapa final do tratamento. O NaOCl apresenta ação sobre componentes orgânicos, enquanto substâncias quelantes, como o EDTA, são utilizadas para auxiliar na remoção dos componentes inorgânicos da smear layer. Assim, a escolha e a sequência dos irrigantes devem considerar suas propriedades e possíveis interações químicas, evitando associações que possam comprometer sua eficácia. Portanto, a otimização da desinfecção do sistema de canais radiculares após o preparo químico-mecânico envolve a utilização criteriosa do NaOCl, associada à escolha adequada dos métodos de irrigação e ativação. Conforme discutido, a compreensão das limitações anatômicas e dos fatores que influenciam a distribuição dos irrigantes é fundamental para o desenvolvimento de protocolos que favoreçam a limpeza e a desinfecção do sistema de canais radiculares. (Boutsioukis e Arias-Moliz *et al*.2022)

Figura 1- Esquema ilustrativo do protocolo de irrigação do sistema de canais radiculares com hipoclorito de sódio durante o preparo químico-mecânico. A figura demonstra, de forma sequencial, as principais etapas: instrumentação do canal, irrigação com NaOCl, renovação da solução, ativação do irrigante, irrigação final com EDTA e NaOCl e, por fim, a secagem do canal



Fonte: Adaptado de Iandolo *et al.*2025

2.3 Protocolo de Irrigação com EDTA

Durante o preparo químico-mecânico do sistema de canais radiculares, ocorre a formação da smear layer, uma camada composta por resíduos orgânicos e inorgânicos provenientes da instrumentação dentária. Sua permanência pode interferir na penetração de substâncias irrigadoras e na adaptação dos materiais obturadores. Nesse contexto, destacam a utilização do EDTA como agente quelante capaz de sequestrar íons metálicos, contribuindo para a remoção dos componentes inorgânicos dessa camada. Os autores também ressaltam que a eficácia dos agentes utilizados na irrigação varia conforme suas propriedades químicas e os protocolos empregados. (Mohammadi *et al.* 2019)

É discutido a formação e a relevância clínica da smear layer, destacando que essa camada pode atuar como uma barreira física, interferindo na penetração dos materiais obturadores nos túbulos dentinários e na eficiência do selamento dos canais radiculares. Os

autores apontam que soluções como EDTA e NaOCl podem ser utilizadas para auxiliar na remoção dessa camada, embora ressaltem que ainda existem discussões sobre as consequências clínicas de sua completa remoção. (Wesselink e Türkün *et al.*1995)

Ao correlacionar os estudos, observa-se que aprofundaram a comparação entre diferentes soluções irrigadoras, destacando as propriedades quelantes do EDTA e sua capacidade de remoção da smear layer. Wesselink e Türkün enfatizam as implicações da presença dessa camada para a limpeza e a obturação do sistema de canais radiculares. Dessa forma, ambos os trabalhos reconhecem a importância da smear layer no tratamento endodôntico, embora abordem o tema sob perspectivas distintas: um com foco comparativo nas soluções irrigadoras e outro voltado às características e consequências clínicas dessa camada. (Mohammadi *et al.* 2019 e Wesselink e Türkün *et al.* 1995)

Mello avaliou a influência da técnica de irrigação final na capacidade do EDTA a 17% de remover a smear layer das paredes dos canais radiculares. O estudo utilizou 16 dentes humanos uniradiculares, preparados e submetidos a diferentes protocolos de irrigação final. No grupo de irrigação contínua, foram utilizados 5 mL de EDTA durante 3 minutos. No grupo de irrigação associada à imersão, foi utilizado inicialmente 1 mL de EDTA, seguido de um período de permanência de 2 minutos e 30 segundos, e posteriormente mais 4 mL durante 30 segundos. A análise por microscopia eletrônica de varredura demonstrou que a irrigação contínua apresentou maior quantidade de superfícies livres de debris quando comparada à técnica de irrigação seguida de imersão. Dessa forma, concluíram que a utilização contínua de 5 mL de EDTA por 3 minutos foi mais eficiente na remoção da smear layer das paredes dos canais radiculares. Os resultados ressaltam a importância da associação entre volume, tempo de contato e técnica de irrigação para otimizar a limpeza do sistema de canais radiculares após o preparo químico-mecânico. (Mello *et al.*2010)

Portanto, a utilização do EDTA na irrigação final pode contribuir para a otimização da limpeza do sistema de canais radiculares após o preparo químico-mecânico, especialmente pela remoção dos componentes inorgânicos da smear layer. Entretanto, conforme discutido pelos autores, a escolha do protocolo deve considerar as propriedades das substâncias utilizadas, suas possíveis interações e a necessidade de preservar as características da dentina radicular. A análise conjunta desses estudos evidencia a importância de compreender tanto os mecanismos de ação dos agentes quelantes quanto os efeitos da smear layer sobre as etapas subsequentes do tratamento endodôntico.

2.4 Protocolo de Irrigação com Clorexidina

A clorexidina é uma substância utilizada na endodontia devido à sua atividade antimicrobiana e à capacidade de permanecer adsorvida às superfícies dentárias. Segundo, as propriedades tornam a clorexidina uma alternativa de interesse para a redução microbiana no sistema de canais radiculares. Entretanto, sua utilização deve considerar suas limitações, especialmente a ausência de capacidade significativa de dissolução de tecidos orgânicos, diferentemente do hipoclorito de sódio. (Mohammadi e Abbott *et al.*2009)

Figura 2- Ilustração sobre metodologia de ação do NaOCl e CHX



Fonte: EndoToday.Prof Dr. Marco Aurelio G. Borges *et al.* 2026

Del Carpio-Perochena avaliou a capacidade de dissolução do biofilme e de limpeza da dentina por diferentes soluções irrigadoras utilizadas na endodontia, com ênfase na influência do tempo de contato e do volume da solução. Foram utilizados 120 espécimes de dentina bovina, previamente infectados com biofilme, que foram submetidos à clorexidina a 2% e a diferentes concentrações de hipoclorito de sódio (1%, 2,5% e 5,25%). As soluções foram avaliadas em períodos de contato de 5, 15 e 30 minutos, utilizando volumes de 500 µL e 1 mL. A avaliação foi realizada por microscopia confocal, permitindo determinar a quantidade de biofilme, células isoladas e áreas de dentina não colonizadas.Os resultados demonstraram

que a clorexidina a 2% não apresentou capacidade significativa de dissolução do biofilme e não promoveu aumento da limpeza da dentina quando comparada às soluções de hipoclorito de sódio. Os maiores níveis de dissolução do biofilme e de dentina não colonizada foram observados principalmente nos grupos que utilizaram hipoclorito de sódio durante 30 minutos. Dessa forma, concluíram que a clorexidina a 2% não apresenta capacidade de dissolver biofilmes, evidenciando que o aumento do tempo de contato ou do volume não necessariamente proporciona uma maior capacidade de dissolução quando se utiliza esse irrigante. Os achados reforçam a importância de considerar as propriedades específicas de cada solução, além de fatores como tempo, volume e concentração, na escolha de protocolos destinados à otimização da desinfecção do sistema de canais radiculares. (Del Carpio-Perochena *et al.*2011)

Nesse contexto, foi realizado um estudo experimental in vitro com o objetivo de avaliar a atividade antimicrobiana de diferentes concentrações de clorexidina, nas apresentações em gel e solução, comparando-as com diferentes concentrações de NaOCl. Os resultados demonstraram que a eficácia antimicrobiana variou de acordo com a concentração, a apresentação da substância e o microrganismo avaliado. A clorexidina a 2%, tanto em gel quanto em solução, apresentou atividade contra os microrganismos investigados, evidenciando seu potencial como substância auxiliar na desinfecção endodôntica. (Vianna *et al.* 2004)

De maneira complementar, investigaram a substantividade antimicrobiana de diferentes concentrações de clorexidina em dentes humanos extraídos. Os pesquisadores avaliaram as concentrações de 0,1%, 1% e 2%, observando maior substantividade na concentração de 2%. Esses resultados demonstram que a concentração da substância pode influenciar sua capacidade de manter atividade antimicrobiana residual nas condições experimentais utilizadas. (Mahendra *et al.* 2014)

Ao correlacionar os estudos de Vianna e Mahendra observa-se que ambos investigaram características relevantes da clorexidina para a desinfecção do sistema de canais radiculares. Enquanto Vianna concentraram-se na atividade antimicrobiana imediata de diferentes concentrações e apresentações da substância, Mahendra direcionou sua investigação à substantividade. Dessa forma, os trabalhos apresentam perspectivas complementares: um aborda a ação antimicrobiana frente a diferentes microrganismos, enquanto o outro evidencia a influência da concentração na atividade residual da solução.

Esses achados também se relacionam à revisão de, que discute a eficácia antimicrobiana da clorexidina e suas aplicações como irrigante endodôntico. Os autores

abordam características que justificam o interesse pela substância, incluindo sua ação contra diferentes microrganismos e sua substantividade. Entretanto, a interpretação dos resultados deve considerar as diferenças entre os métodos experimentais e as condições de aplicação, uma vez que resultados obtidos em laboratório não demonstram, isoladamente, superioridade clínica de determinado protocolo. (Mohammadi, Jafarzadeh e Shalavi *et al.* 2014)

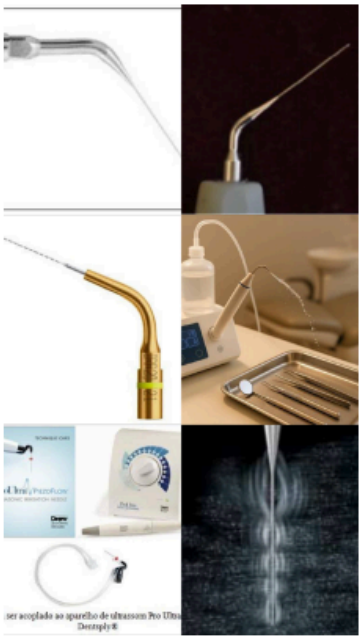
Apesar das propriedades antimicrobianas descritas, a clorexidina apresenta limitações importantes para sua utilização na irrigação endodôntica. Destacam que a substância não apresenta capacidade significativa de dissolução de tecidos orgânicos, o que restringe sua atuação quando o objetivo é promover simultaneamente a redução microbiana e a remoção de restos teciduais. Além disso, sua associação com hipoclorito de sódio exige atenção, pois o contato direto entre essas substâncias pode produzir um precipitado, tornando necessário considerar a compatibilidade química durante a elaboração dos protocolos de irrigação. (Mohammadi e Abbott *et al.*2009)

2.5 Irrigação Ultrassônica Passiva

O sucesso do tratamento endodôntico está diretamente atrelado ao controle microbiológico do sistema de canais radiculares (SCR). Contudo, limitações anatômicas como istmos, canais laterais e reentrância impedem que a instrumentação mecânica e a irrigação convencional atinjam todas as áreas infectadas. Nesse cenário, a Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI) consolida-se como um recurso de extrema relevância.Tanto o estudo de Rodrigues e Frota,quanto a investigação recente de Caixeta destacam que a PUI se fundamenta na ativação da solução irrigadora NaOCl por meio de uma ponta ou lima acoplada ao ultrassom, que oscila livremente no interior do canal sem promover desgaste dentinário adicional.Rodrigues e Frota explicam que a eficácia da técnica decorre de dois fenômenos físicos centrais: o microfluxo acústico(correntes de fluido geradas ao redor do instrumento em vibração) e a cavitação hidrodinâmica(formação e colapso de microbolhas que geram ondas de choque).Complementando esse entendimento ao ressaltar que essa energia acústica promove maior penetração e renovação constante da substância química auxiliar nas zonas de difícil acesso anatômico. (Caixeta *et al.* 2026)

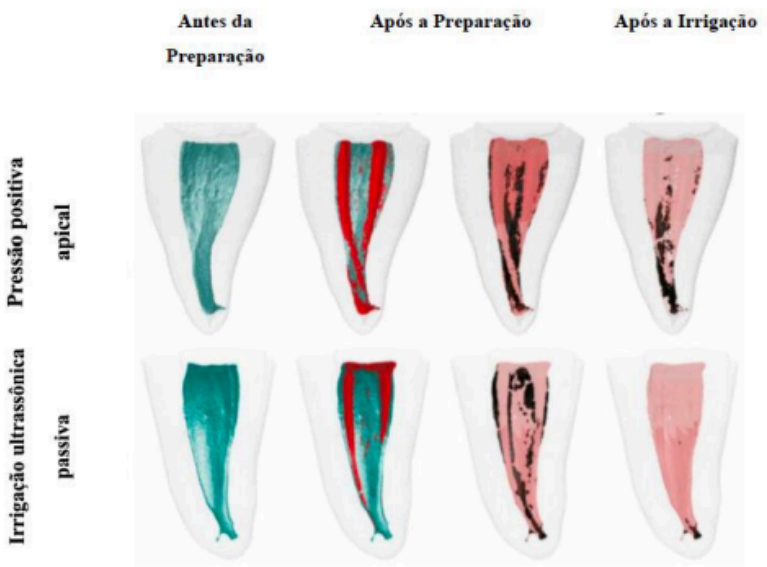
Figura 3- Na imagem 1 e 2 mostram a ponteira de aço inoxidável ou ligas tratadas termicamente conectadas a uma base que acopla ao transdutor do aparelho ultrassom.O corpo possui uma curvatura acentuada e a ponta terminal afina progressivamente para conseguir penetrar no canal radicular ate 1 a 2mm antes do CT.Na imagem 3 exibe o inserto com revestimento nitretado de titanio.O anel colorido serve para identificação do calibre da ponta(geralmente diâmetro equivalente a lima #20 ou #25).Na imagem 4,apresenta o painel de controle onde o cirurgião dentista ajusta o nivel de pontência.Na imagem 5,mostra um console de mesa e a peça de mão onde a ponta de irrigação é rosqueada com o auxílio de uma chave de torque específica.E na ultima figura ilustra o padrão de ondas gerado pela ponta metálica em vibração,observando as correntes acústicas expulsando os detritos.

Fonte: Adaptado Van der Sluis *et al,*. 2007



Van der Sluis realizaram uma revisão da literatura sobre a PUI, abordando, entre outros aspectos, as características dos instrumentos utilizados para a ativação do irrigante. Segundo os autores, a PUI pode ser realizada utilizando uma lima de pequeno calibre ou um fio liso, geralmente entre os tamanhos #10 e #20, introduzido no canal radicular já preparado e mantido sem contato intencional com suas paredes. Durante a ativação ultrassônica, o instrumento oscila em alta frequência e transmite energia ao irrigante, promovendo microcorrentes acústicas que aumentam a movimentação da solução e favorecem a remoção de debris, tecido orgânico e microrganismos. Foi destacado que instrumentos maiores que #20 podem apresentar menor capacidade de oscilar livremente dentro do canal, reduzindo a intensidade das microcorrentes acústicas.

Figura 4 – Vistas distais de reconstrução 3D representativas dos sistemas de canal radicular mesial de molares inferiores. Molares antes (em verde) e depois (em vermelho) da preparação com instrumentos alternativos e após um protocolo final de irrigação convencional e irrigação ultrassônica passiva. Acúmulo de tecido duro são representados em preto.



Fonte: Adaptado Leoni G.B., *et al*., 2016

Os autores também observaram que um fio liso pode apresentar eficácia semelhante à de uma lima K cortante, desde que consiga oscilar livremente no interior do canal. Dessa forma, a escolha do calibre e a possibilidade de livre movimentação da ponta/instrumento são fatores importantes para a eficiência da PUI e para a otimização da limpeza do sistema de canais radiculares após o preparo.(Van der Sluis *et al.*2007)

Sintetizam diversos experimentos in vitro e ex vivo demonstrando que a PUI é significativamente superior à irrigação manual por seringa na limpeza do terço apical e na remoção de detritos em canais achatados e irregularidades simuladas. Expandem essa discussão ao enfatizar a capacidade da PUI em combater o fenômeno de “vapor lock” (aprisionamento de ar no terço apical que impede a chegada do irrigante).Os autores explicam que a agitação ultrassônica quebra essa bolha de ar apical, permitindo que a solução irrigadora flua efetivamente até o comprimento de trabalho. (Caixeta *et al.* 2026)

Ambos os grupos de pesquisadores concordam que a PUI favorece consideravelmente a remoção da smear layer (lama dentinária) e dos smear plugs, preparando as paredes dentinárias para uma melhor vedação do sistema durante a fase de obturação.

Castelo-Baz comparou a PUI e a irrigação ultrassônica contínua (CUI), avaliando a penetração do hipoclorito de sódio no canal principal e em canais laterais simulados. O estudo utilizou 60 dentes uniradiculares, nos quais foram confeccionados canais laterais simulados a

2, 4 e 6 mm do comprimento de trabalho. Os espécimes foram distribuídos entre irrigação convencional por pressão positiva, PUI e CUI. Para avaliar a penetração da solução irrigadora, os autores utilizaram hipoclorito de sódio a 5% associado a tinta, permitindo a visualização da distribuição do irrigante. Os resultados demonstraram que a CUI promoveu uma penetração significativamente maior do irrigante nos canais laterais quando comparada às demais técnicas. Entretanto, não houve diferença significativa entre PUI e CUI quanto à penetração da solução no terço apical do canal principal. A irrigação convencional apresentou menor penetração do hipoclorito de sódio tanto no canal principal quanto nos canais laterais. Dessa forma, Castelo-Baz concluíram que a CUI, utilizada como irrigação final, pode aumentar significativamente a penetração do irrigante em áreas de difícil acesso, como canais laterais, demonstrando o potencial das técnicas ultrassônicas na otimização da desinfecção do sistema de canais radiculares.(Castelo-Baz *et al.* 2012)

Os estudos entre os achados de (Rodrigues, e Frota *et al.*2016) e (Caixeta *et al.* 2026) demonstra uma clara evolução no entendimento da PUI.O estudo estabelece os fundamentos físicos e a superioridade da PUI sobre as técnicas manuais tradicionais, o segundo reafirma a atualidade da técnica diante de tecnologias emergentes. Conclui-se que a PUI é um recurso indispensável na Endodontia moderna para a otimização da limpeza e descontaminação do canal radicular, devendo ser aplicada sob protocolos criteriosos de tempo e vazão.

2.6 Dispositivos de Agitação Mecânica

Para potencializar a ação das substâncias químicas auxiliares, como o NaOCl, a PUI atua promovendo os fenômenos físicos de microfluxo acústico e cavitação hidrodinâmica.Esses mecanismos causam a desagregação mecânica do biofilme bacteriano e impulsionam o fluxo do irrigante em regiões não tocadas pelos instrumentos. Paralelamente ao ultrassom, diferentes dispositivos de agitação mecânica foram desenvolvidos para otimizar a limpeza intracanal

A literatura analisada por (Rodrigues, e Frota *et al.*2016) e (Caixeta *et al.*2026) aborda o desempenho comparativo da PUI em relação a sistemas de agitação mecânica e à Irrigação Manual Convencional (IMC) por seringa.

No estudo, investigou-se a eficácia do Sistema Vibringe, um dispositivo de agitação mecânica por vibração acoplado à seringa em comparação à PUI e à IMC na remoção de detritos em 10 incisivos com irregularidades simuladas, utilizando NaOCl a 1%. Os autores constataram que a PUI removeu uma quantidade significativamente maior de debris em

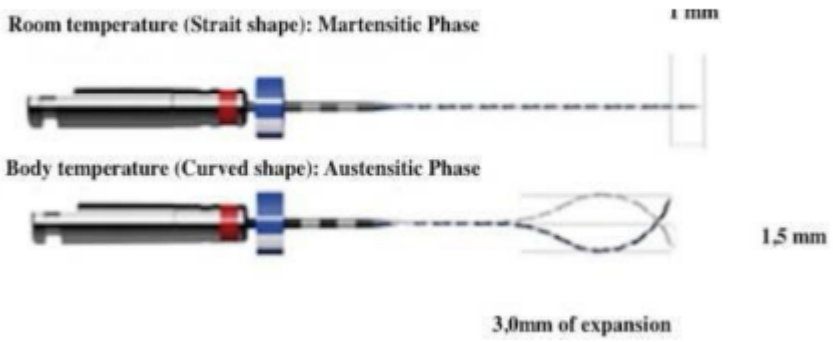
relação ao Sistema Vibringe e à IMC, demonstrando que a agitação vibratória mecânica simples não atinge o mesmo nível de limpeza promovido pelas ondas ultrassônicas. (Rödig *et al.*2010)

Estudou a eficácia do sistema Vibringe, um dispositivo de ativação sônica do irrigante, comparando-o à irrigação convencional com seringa e à PUI na remoção de debris de irregularidades simuladas em canais radiculares. Para isso, os autores utilizaram canais radiculares contendo duas ranhuras padronizadas, localizadas nas regiões apical e coronária, preenchidas com debris de dentina. Os procedimentos de irrigação foram realizados utilizando hipoclorito de sódio a 1%, comparando-se a irrigação convencional, o sistema Vibringe e a PUI.Os resultados demonstraram que a PUI apresentou a maior capacidade de remoção de debris, sendo significativamente mais eficaz que o Vibringe e a irrigação convencional. Entretanto, o sistema Vibringe apresentou desempenho significativamente superior ao da irrigação convencional na região apical do canal radicular. Dessa forma, concluíram que, embora o Vibringe possa melhorar a remoção de debris em comparação à irrigação convencional, sua eficácia foi inferior à da irrigação ultrassônica passiva. Esses resultados indicam que a ativação sônica proporcionada pelo Vibringe pode favorecer a dinâmica do irrigante e contribuir para a limpeza de regiões de difícil acesso, porém a PUI apresentou maior eficiência na remoção de debris nas condições avaliadas. Assim, o Vibringe pode ser considerado uma alternativa à irrigação convencional, mas a PUI demonstrou maior potencial de limpeza no estudo. (Rödig *et al.*2010)

Em contrapartida, avaliaram o acúmulo de detritos de tecidos duros em raízes mesiais de molares inferiores após quatro protocolos de irrigação final com NaOCl a 2,5%:Pressão Positiva Apical, PUI, e XP-endo Finisher (XPF) Os resultados demonstraram que o instrumento de agitação mecânica XPF e a PUI obtiveram os maiores percentuais médios de redução de detritos, sem diferença estatisticamente significante entre si, sendo ambos a irrigação por pressão positiva,e ambas as revisões de literatura convergem ao apontar que tanto a PUI quanto os sistemas mecânicos avançados superam a irrigação manual estática por seringa, destacando-se na limpeza da porção apical e na eliminação da bolha de ar aprisionada no terço apical(efeito vapor lock).No entanto, os estudos ressaltam limitações críticas compartilhadas por esses sistemas:Persistência Microbiana e de Debris: Nenhum dispositivo mecânico ou ultrassônico é capaz de promover a remoção completa dos detritos dentinários ou a eliminação total de bactérias resistentes como o Enterococcus faecalis nas ramificações do SCR.Necessidade de Padronização:permanece a carência de um protocolo clínico

universalmente aceito que defina parâmetros ideais de tempo de ativação, taxa de fluxo, potência e concentração das soluções irrigadoras. (Rödig *et al.*2010) e (Leoni *et al.*2016)

Figura 5: Imagem Ilustrativa do Dispositivo XP-Endo Finisher



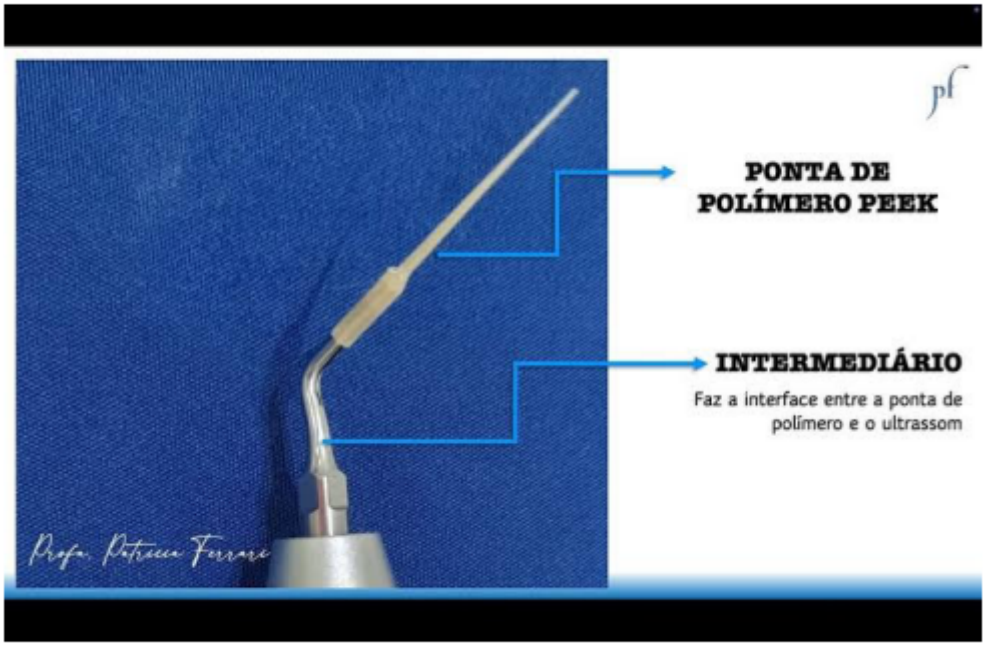
Fonte: Hamdan, *et al.*,2017.

O poliéter-éter-cetona (PEEK) é um polímero termoplástico biocompatível que vem sendo estudado como alternativa aos materiais metálicos empregados na ativação dos irrigantes durante o tratamento endodôntico.Foram avaliados as propriedades do PEEK quando exposto a diferentes soluções irrigadoras utilizadas na Endodontia, incluindo NaOCl a 5,25%, EDTA a 20% (CHX) a 2%. Os autores analisaram características como absorção dos irrigantes, dureza, módulo de elasticidade, rugosidade e alterações da superfície do material. Os resultados demonstraram que o PEEK apresentou elevada resistência química aos irrigantes avaliados, baixa absorção e ausência de alterações significativas em suas propriedades superficiais e mecânicas, indicando potencial para utilização na fabricação de pontas destinadas à ativação dos irrigantes. Além disso, destacam que as pontas poliméricas podem apresentar vantagens em relação às metálicas, principalmente pela menor possibilidade de fratura e pelo potencial de redução do desgaste da dentina.(Kucher *et al.* 2019)

Posteriormente,investigaram especificamente a eficácia de uma ponta ultrassônica de PEEK na remoção da smear layer, comparando-a com uma ponta metálica e com a irrigação convencional sem ativação. O estudo foi realizado em 50 incisivos superiores, nos quais foram avaliados diferentes níveis do canal radicular, a 3, 6 e 9 mm do ápice, por meio de microscopia eletrônica de varredura. Os autores observaram que tanto a ativação ultrassônica com a ponta de PEEK quanto com a ponta metálica proporcionaram maior remoção da smear layer quando comparadas à irrigação convencional sem ativação. Nos níveis avaliados, não foram observadas diferenças significativas entre as pontas de PEEK e metálica, indicando que a ponta polimérica apresentou desempenho semelhante ao da ponta metálica na remoção da

smear layer.A correlação entre os estudos demonstram uma sequência importante para a compreensão da aplicação do PEEK na Endodontia. Enquanto Kucher forneceu evidências relacionadas à estabilidade química e às propriedades mecânicas do material diante da exposição aos principais irrigantes endodônticos, Peña-Bengoa avançaram na investigação ao avaliar sua aplicação efetiva como ponta de ativação. Dessa maneira, os resultados dos dois trabalhos são complementares, uma vez que a resistência do PEEK aos irrigantes constitui uma característica relevante para sua utilização clínica, enquanto sua capacidade de promover movimentação do irrigante e favorecer a remoção da smear layer demonstra seu potencial funcional durante a irrigação. (Kucher et al. 2019) e (Peña-Bengoa *et al.* 2026)

Figura 6: Imagem Ilustrativa da Ponta Ultrassônica PEEK



Fonte: Ferrari,Patricia *et al,*. 2025

Também destacam possíveis vantagens do PEEK em relação às pontas metálicas, especialmente sua maior flexibilidade e propriedades mecânicas favoráveis, que podem contribuir para uma melhor adaptação às curvaturas do canal e para a redução do contato indesejado com as paredes dentinárias. Entretanto, os próprios autores ressaltam que o estudo foi realizado em canais amplos e retos, sendo necessárias pesquisas adicionais em canais curvos e anatomicamente complexos para verificar se essas características realmente proporcionam vantagens clínicas. (Peña-Bengoa *et al.*2026)

2.7 Terapia Fotodinâmica como Protocolo Complementar

De acordo com estudos foram investigados a eficácia da terapia fotodinâmica (aPDT) antimicrobiana como método complementar na desinfecção do sistema de canais radiculares necrosados. Em um estudo clínico, os autores compararam a terapia fotodinâmica com a ativação ultrassônica passiva e a utilização de hidróxido de cálcio como medicação intracanal. Os resultados demonstraram que a aPDT apresentou redução bacteriana semelhante à obtida com a ativação ultrassônica passiva, sem diferença estatisticamente significativa entre os grupos. (Barazy *et al.* 2024)

Oliveira avaliou, em estudo in vitro, a eficácia da PDT associada ao NaOCl na desinfecção de canais radiculares submetidos à instrumentação com técnica de lima única. Foram utilizados 70 pré-molares inferiores humanos uniradiculares, contaminados com Enterococcus faecalis, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus e Candida albicans. Os espécimes foram distribuídos em diferentes protocolos de desinfecção, incluindo NaOCl a 1%, NaOCl a 5,25%, PDT isoladamente e a associação da PDT com as duas concentrações de NaOCl. Para a terapia fotodinâmica, foi utilizado azul de metileno na concentração de 15 μg/mL, mantido no interior do canal durante 2 minutos, seguido de irradiação com laser de diodo.Os resultados demonstraram que a associação entre NaOCl a 5,25% e PDT apresentou o maior número de espécimes sem crescimento microbiano, sendo o protocolo mais eficaz entre os grupos avaliados. A utilização de NaOCl a 1% isoladamente apresentou efeito antimicrobiano semelhante à associação de NaOCl a 1% com PDT, enquanto a PDT associada à solução salina não foi capaz de eliminar completamente os microrganismos avaliados. Dessa forma, Oliveira et al. (2015) concluíram que a associação da terapia fotodinâmica ao NaOCl a 5,25% apresentou maior eficácia na redução dos microrganismos presentes nos canais radiculares. Os achados sugerem que a PDT pode ser utilizada como terapia auxiliar à irrigação convencional, contribuindo para a otimização da desinfecção do sistema de canais radiculares após o preparo químico-mecânico. (Oliveira *et al.*2015)

Em contrapartida, quando comparada ao hidróxido de cálcio, a terapia fotodinâmica apresentou redução microbiana significativamente superior. Dessa maneira, destacam o potencial da terapia fotodinâmica como uma alternativa complementar aos procedimentos convencionais de desinfecção endodôntica, especialmente em dentes com necrose pulpar e infecção do sistema de canais radiculares. (Barazy *et al.* 2024)

A Associação da terapia fotodinâmica ao NaOCl avaliaram a eficácia da associação da terapia fotodinâmica antimicrobiana ao hipoclorito de sódio na desinfecção dos canais radiculares, por meio de uma revisão sistemática e metanálise de estudos experimentais ex vivo. Os autores identificaram que a utilização combinada desses métodos promoveu maior redução bacteriana em comparação ao uso isolado do hipoclorito de sódio. Além disso, os resultados indicaram que o benefício antimicrobiano foi estatisticamente significativo nos protocolos que utilizaram azul de metileno como fotossensibilizador. (Oliveira-Aguiar *et al.*2026)

Entretanto, ressaltam que a elevada heterogeneidade entre os estudos incluídos limita a interpretação dos resultados e sua extrapolação para a prática clínica. Assim, os autores apontam que a terapia fotodinâmica apresenta potencial para otimizar a desinfecção endodôntica, embora sejam necessários estudos clínicos adicionais para estabelecer protocolos mais consistentes. (Oliveira-Aguiar *et al.*2026)

Figura 7:Imagem Ilustrativa do PDT



Fonte: JUNIOR, Eliziário Vitoriano de Araújo Neto *et al,*. 2017

Ao correlacionar os estudos de (Barazy *et al.* 2024) e (Oliveira-Aguiar *et al.*2026), observa-se que ambos investigam a terapia fotodinâmica antimicrobiana como recurso complementar para a redução da carga microbiana no sistema de canais radiculares.(Barazy *et al.* 2024), a partir de uma investigação clínica, demonstraram que a aPDT apresentou resultados semelhantes aos da ativação ultrassônica passiva e superiores aos obtidos com o hidróxido de cálcio nas condições avaliadas. Por sua vez, (Oliveira-Aguiar *et al.*2026) verificaram, em estudos experimentais ex vivo, que a associação da terapia fotodinâmica ao

hipoclorito de sódio pode potencializar a redução bacteriana em comparação ao irrigante utilizado isoladamente.

Dessa forma, os resultados apresentados por ambos os grupos de pesquisadores apontam para a possibilidade de utilização da terapia fotodinâmica como estratégia adicional aos protocolos convencionais de desinfecção endodôntica. Entretanto, enquanto (Barazy *et al.*2024) fornecem evidências obtidas em ambiente clínico, (Oliveira-Aguiar *et al.*2026) concentram sua análise em modelos experimentais laboratoriais. Essa diferença metodológica deve ser considerada, uma vez que os resultados obtidos em dentes extraídos não necessariamente representam os mesmos efeitos observados clinicamente.

Portanto, a análise conjunta dos trabalhos evidenciam o interesse científico na otimização dos protocolos de desinfecção pós-preparo biomecânico por meio de terapias complementares. Embora os estudos indiquem resultados promissores quanto à redução microbiana, ainda são necessários ensaios clínicos com protocolos padronizados e acompanhamento em longo prazo para determinar a contribuição efetiva da terapia fotodinâmica para o sucesso do tratamento endodôntico.

2.7 Reações Adversas do Hipoclorito de Sódio como Irrigante Endodôntico

O NaOCl é amplamente utilizado como irrigante durante o tratamento endodôntico devido à sua elevada atividade antimicrobiana e capacidade de dissolução de tecidos orgânicos. Entretanto, apesar de suas vantagens na desinfecção do sistema de canais radiculares, seu uso pode estar associado a eventos adversos, principalmente quando ocorre extrusão da solução para os tecidos periapicais.

Em uma revisão sistemática sobre acidentes envolvendo o NaOCl, analisaram 52 relatos de casos relacionados à extrusão do irrigante além do ápice radicular. Os autores destacaram que esse tipo de acidente pode provocar manifestações clínicas importantes, decorrentes principalmente do contato do NaOCl com os tecidos periapicais. A revisão também evidenciou a necessidade de reconhecimento precoce da ocorrência e de uma abordagem adequada, uma vez que a gravidade das manifestações pode variar de acordo com as características do acidente e dos tecidos envolvidos. (Guivarc'h *et al.*2017)

De maneira complementar, foi realizado um estudo sobre os acidentes relacionados ao uso do NaOCl na prática endodôntica. Os autores identificaram relatos de efeitos adversos que variaram desde queimaduras químicas e reações alérgicas até danos teciduais mais graves, incluindo necrose. Embora o NaOCl tenha apresentado elevada eficácia na eliminação

microbiana e na dissolução de tecidos, os autores ressaltaram que sua utilização inadequada pode aumentar o risco de complicações. Dessa forma, a concentração da solução e a técnica empregada durante a irrigação são fatores importantes para a segurança do procedimento.(Fiorillo *et al.*2024)

Ao relacionar os estudos, observa-se uma concordância quanto à necessidade de equilibrar a eficácia antimicrobiana do NaOCl com a prevenção de seus efeitos adversos. Enquanto Guivarc'h concentra-se principalmente nos acidentes decorrentes da extrusão do NaOCl durante a irrigação, Fiorillo apresenta uma abordagem mais abrangente dos eventos adversos associados ao irrigante. Assim, ambos os estudos reforçam que, apesar de o hipoclorito de sódio permanecer como um importante agente de desinfecção endodôntica, seu emprego deve ser realizado de maneira criteriosa, buscando reduzir a possibilidade de acidentes e danos aos tecidos periapicais.

O contato do NaOCl com os tecidos periapicais pode provocar uma reação química de elevada toxicidade, especialmente quando ocorre extravasamento acidental para além do forame apical. Nesse contexto, Borges, em publicação no EndoToday, destaca que a toxicidade do hipoclorito está relacionada às suas propriedades oxidantes, proteolíticas e citotóxicas, sendo que a intensidade da lesão depende de fatores como concentração, volume extravasado, localização, pressão empregada durante a irrigação, velocidade de dispersão, tempo de contato e características anatômicas da região.

Segundo Borges, o acidente por hipoclorito pode apresentar manifestações clínicas como dor súbita e intensa, edema, sangramento, equimose, parestesia e, em situações mais graves, necrose tecidual, comprometimento ocular e envolvimento de espaços cervicofaciais e das vias aéreas. O autor ressalta que, diante da suspeita de extravasamento, a irrigação deve ser imediatamente interrompida e a aplicação de pressão no interior do canal deve ser evitada. A solução residual acessível deve ser removida cuidadosamente, podendo ser realizada irrigação intracanal suave com solução compatível, sem pressão apical. Além disso, torna-se necessária a avaliação da extensão do edema, dor, sangramento, alterações sensitivas, comprometimento ocular, deglutição e respiração, determinando-se, a partir desses achados, a necessidade de encaminhamento para atendimento especializado ou hospitalar. (Borges *et.al* 2026)

Essas considerações são corroboradas pelo relato clínico apresentado por, no qual foi descrito um acidente decorrente do extravasamento de NaOCl durante o tratamento endodôntico de um segundo pré-molar superior direito. A paciente, de 52 anos, apresentou aumento de volume difuso e eritematoso em hemiface direita, dor, sensação de ardência,

limitação de abertura bucal e sinais de necrose tecidual. Os exames complementares demonstraram alterações compatíveis com enfisema tecidual e coleção líquida na região maxilar. O quadro foi associado ao extravasamento da solução através dos tecidos periapicais, atingindo também estruturas adjacentes. (Castro *et al.* 2023)

No caso relatado por, foi realizado desbridamento da área afetada, irrigação copiosa com solução fisiológica a 0,9% e drenagem local. Posteriormente, foi instituída antibioticoterapia e realizadas orientações para higiene e irrigação da região com solução fisiológica. O acompanhamento demonstrou redução do edema, diminuição da sintomatologia dolorosa e boa cicatrização dos tecidos intraorais. Após 21 dias, a paciente apresentava evolução clínica satisfatória, embora tenha optado pela extração do elemento dentário envolvido. Os autores enfatizam que, apesar de ser uma complicação relativamente rara, o extravasamento de NaOCl pode produzir consequências importantes, sendo fundamental o reconhecimento precoce e o manejo rápido e preciso. (Castro *et al.* 2023)

A correlação entre os dois trabalhos evidencia que a prevenção, o diagnóstico imediato e o acompanhamento são elementos fundamentais diante dos acidentes envolvendo hipoclorito de sódio. Borges enfatiza principalmente o reconhecimento dos sinais clínicos e a sequência de medidas imediatas após o acidente, destacando a necessidade de interromper a exposição ao irrigante, evitar pressão adicional, avaliar a gravidade do quadro e acompanhar a evolução do paciente. Por sua vez, demonstrou que, por meio de um caso clínico, como o extravasamento pode provocar alterações extensas nos tecidos e exigir intervenção especializada, incluindo desbridamento, drenagem e acompanhamento pós-operatório.(Castro *et al.* 2023)

Os estudos também convergem ao demonstrar que a elevada eficácia antimicrobiana do NaOCl está diretamente relacionada à necessidade de utilização cuidadosa durante a irrigação. Castro ressalta a importância da determinação adequada do comprimento de trabalho, da preservação da integridade do canal e da utilização apropriada dos instrumentos de irrigação como medidas preventivas. Borges, de maneira complementar, destaca que não apenas a concentração do irrigante, mas também o volume, a pressão e a anatomia periapical influenciam a extensão do dano. Dessa maneira, a utilização segura do hipoclorito depende tanto do conhecimento das suas propriedades químicas quanto do domínio técnico do profissional.

Figura 8: Celulite decorrente de extravasamento de hipoclorito de sódio



Fonte: Aguiar B A. *et al,*. 2014

3. METODOLOGIA

Para a elaboração desse trabalho foram utilizadas as bases de dados PubMed, Endotoday e Abdelhady utilizando as palavras-chave Endodontia, Desinfecção , Preparo Químico Cirúrgico, Sistema de Canais Radiculares. O critério de seleção foi baseado no conteúdo, relevância, disponibilidade de visualização dos manuscritos e do período, sendo selecionados artigos de 2006 a 2026. Os idiomas escolhidos para a busca foram português e inglês, um total de 29 artigos.

4.DISCUSSÃO

A otimização da desinfecção do sistema de canais radiculares após o preparo químico-mecânico constitui uma etapa de grande importância para o controle da infecção endodôntica. De acordo com [Mohammadi *et al.* 2019]**.**, a instrumentação mecânica, embora essencial para a redução da carga microbiana e remoção de tecidos, não é capaz de alcançar todas as irregularidades anatômicas presentes no sistema de canais. Nesse sentido, [Khoury *et al.* 2024.] ressaltam a importância da irrigação como complemento ao preparo mecânico, uma vez que as soluções irrigadoras podem alcançar regiões que permanecem inacessíveis aos instrumentos.

Entre os irrigantes utilizados na endodontia, o hipoclorito de sódio (NaOCl) apresenta papel fundamental. [Mohammadi *et al.* 2019]. destacam suas propriedades antimicrobianas e sua capacidade de dissolução de tecidos orgânicos, características que justificam sua ampla

utilização durante o tratamento endodôntico. Entretanto, a efetividade do NaOCl está relacionada a fatores como concentração, volume, renovação e tempo de contato. Dessa forma, [Khoury *et al.* 2024] reforçam que a irrigação deve ser compreendida como um processo dinâmico, no qual a renovação e a movimentação da solução são importantes para melhorar sua atuação dentro do sistema de canais.

Apesar de sua importância, o uso do hipoclorito de sódio exige cuidados devido ao potencial de acidentes durante a irrigação. [Guivarc'h *et al.* 2017], em sua revisão sistemática sobre acidentes com NaOCl, demonstraram que a extrusão inadvertida da solução para os tecidos periapicais representa uma complicação relevante da prática endodôntica. Da mesma forma, [Fiorillo *et al.* 2024]discutem os acidentes relacionados ao hipoclorito e ressaltam a importância de medidas preventivas durante sua utilização. Esses achados demonstram que a otimização da desinfecção não deve estar relacionada somente à busca por maior ação antimicrobiana, mas também à utilização segura e controlada do irrigante.

Outro aspecto diretamente relacionado à desinfecção pós-preparo é a presença da smear layer. Segundo [Mohammadi *et al.*2019], essa camada formada durante a instrumentação pode interferir na interação entre os agentes irrigadores e a dentina, sendo necessária sua remoção para favorecer a limpeza das paredes do canal. Nesse contexto, o EDTA apresenta importância devido à sua capacidade de atuar sobre os componentes inorgânicos da smear layer. Assim, conforme discutido por [Mohammadi *et al.*2019] a utilização de agentes quelantes pode complementar a ação do hipoclorito de sódio, considerando que esses irrigantes apresentam propriedades distintas.A utilização da clorexidina também é discutida por [Mohammadi *et al.*2019], que destacam sua atividade antimicrobiana e sua substantividade. Entretanto, os autores ressaltam diferenças importantes entre a clorexidina e o hipoclorito de sódio, especialmente em relação à capacidade de dissolução de tecidos. Dessa forma, os estudos de [Mohammadi *et al.*2019] permitem compreender que a escolha de uma solução irrigadora deve considerar suas propriedades específicas e a finalidade clínica pretendida, uma vez que nenhum irrigante isoladamente apresenta todas as características necessárias para uma desinfecção completa.

Além da seleção dos irrigantes, a literatura demonstra que a forma como essas soluções são empregadas pode influenciar diretamente sua efetividade.[Khoury *et al.*2024] destacam a importância dos sistemas de ativação da irrigação para melhorar a movimentação das soluções dentro dos canais. A ativação pode favorecer a circulação do irrigante e sua chegada a áreas de difícil acesso, complementando a ação realizada pela instrumentação mecânica.

Essa importância da ativação também pode ser relacionada aos estudos que investigam a remoção da smear layer. Conforme discutido por [Khoury *et al.*2024], diferentes sistemas de ativação podem contribuir para melhorar a interação entre o irrigante e as paredes dentinárias. Dessa maneira, técnicas de ativação ultrassônica, sônica e outros métodos mecanizados podem ser utilizadas como estratégias complementares ao preparo químico-mecânico, especialmente diante da complexidade anatômica do sistema de canais radiculares.Nesse cenário, novas tecnologias têm sido estudadas com o objetivo de melhorar a ativação dos irrigantes. [Modler *et al.*2016] avaliaram os efeitos de soluções irrigadoras sobre materiais termoplásticos biocompatíveis, fornecendo informações relevantes para a compreensão da interação entre os agentes químicos empregados na endodontia e os materiais utilizados nos dispositivos. Esses resultados são particularmente relevantes diante do desenvolvimento de novas pontas destinadas à ativação das soluções irrigadoras.

Entre essas novas alternativas, destaca-se o uso do PEEK (polyether ether ketone). [Peña-Bengoa, Belladonna e Abarca *et al*.2016]avaliaram uma ponta de PEEK desenvolvida para a ativação do irrigante e sua contribuição para a remoção da smear layer. Os achados deste estudo ampliam a discussão sobre a utilização de materiais poliméricos na ativação da irrigação, especialmente como uma alternativa para complementar os métodos convencionais de limpeza do sistema de canais.

Ao relacionar os estudos de [Peña-Bengoa, Belladonna e Abarca *et al.*2016]com as considerações apresentadas por [Khoury *et al.*2024,] observa-se que o desenvolvimento de novos dispositivos de ativação está diretamente relacionado à necessidade de melhorar a distribuição e a ação dos irrigantes em áreas que não são alcançadas adequadamente pelos instrumentos. Dessa maneira, a utilização de uma ponta de PEEK pode ser compreendida como parte de uma estratégia mais ampla de otimização da desinfecção, e não como substituição do preparo químico-mecânico.

Da mesma forma, os trabalhos de [Guivarc'h *et al.*2017 e Fiorillo *et al.* 2018] demonstram que a busca por maior efetividade deve estar associada à segurança durante a utilização dos irrigantes. Portanto, enquanto [Mohammadi *et al.*2024] enfatizam as propriedades dos agentes químicos, [Guivarc'h *et al.*2017 e Fiorillo *et al*.2018] chamam atenção para os riscos relacionados ao uso inadequado do hipoclorito. Já [Khoury *et al.*2024] contribuem para a discussão sobre a utilização de métodos de ativação como forma de potencializar a ação das soluções.A análise conjunta desses estudos demonstra, portanto, que a desinfecção do sistema de canais radiculares após o preparo não deve ser baseada em uma única técnica. [Mohammadi *et al.*2019]apresentam diferentes perspectivas que, quando

relacionadas, sustentam a importância da associação entre preparo mecânico, irrigação química, remoção da smear layer e ativação dos irrigantes.

Assim, a literatura sugere que a otimização da desinfecção depende da integração entre diferentes estratégias. O hipoclorito de sódio apresenta importante ação antimicrobiana e capacidade de dissolução de matéria orgânica; o EDTA contribui para a remoção dos componentes inorgânicos da smear layer; a clorexidina apresenta propriedades antimicrobianas e substantividade; e os sistemas de ativação podem potencializar a circulação e o contato dos irrigantes com as paredes do canal. Nesse sentido, [Khoury *et al.*2024 e Peña-Bengoa *et al.*2026]**.** reforçam a relevância dos métodos de ativação, enquanto [Mohammadi *et al.* 2019, Guivarc'h et *al.*2017 e Fiorillo *et al.*2024]evidenciam a importância da utilização adequada e segura das soluções irrigadoras.

Portanto, considerando os estudos analisados, a otimização da desinfecção do sistema de canais radiculares pós-preparo deve ser compreendida como uma abordagem integrada, na qual diferentes recursos são utilizados de maneira complementar. A associação entre agentes químicos e métodos de ativação pode favorecer a limpeza de regiões complexas e reduzir a permanência de microrganismos e resíduos após a instrumentação. Entretanto, conforme demonstrado pelos estudos de [Guivarc'h *et al.*2017 e Fiorillo *et al.*2024]., a busca por maior efetividade deve sempre estar acompanhada de protocolos que priorizem a segurança do procedimento.

5.CONCLUSÃO

Conclui-se que o sucesso da terapia endodôntica moderna depende da superação das limitações anatômicas do sistema de canais radiculares, que impedem a completa desinfecção por métodos puramente manuais. A sinergia entre o Hipoclorito de Sódio e o EDTA a 17% permanece como o protocolo químico fundamental para a dissolução de tecidos orgânicos e remoção da porção inorgânica da Smear Layer. Todavia, a eficácia dessas substâncias é potencializada apenas quando parâmetros operatórios são seguidos, como volume adequado, renovação constante e, principalmente, a ativação dinâmica.

Nesse contexto, as inovações tecnológicas de ativação dinâmica, como a Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI) e dispositivos mecânicos como Easy Clean e XP-endo Finisher, mostraram-se ferramentas indispensáveis para elevar os índices de redução microbiana a níveis de 99%. Atualmente, conclui-se que para o cirurgião-dentista que busca excelência clínica, a solução mais apta e baseada em evidências consiste na adoção de protocolos de

irrigação final ativada. A Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI) continua sendo o padrão-ouro de eficácia devido ao seu alto poder de desbridamento. No entanto, dispositivos como o Easy Clean (pelo baixo custo e segurança mecânica do polímero) e a XP-endo Finisher (pela excepcional adaptação morfológica em canais curvos e complexos) apresentam-se como alternativas de igual eficiência e extrema viabilidade para a prática clínica cotidiana.

REFERÊNCIAS

ALVES, F. R. F. et al. Comparison of final disinfection protocols using antimicrobial photodynamic therapy and different irrigants after single-file reciprocating instrumentation against intracanal bactéria biofilm: an in vitro study.

BOUTSIOUKIS, C.; ARIAS-MOLIZ, M. T. Present status and future directions – irrigants and irrigation methods. International Endodontic Journal, v. 55, Suppl. 3, p. 588–612, 2022. DOI: 10.1111/iej.13739.

CĂPUȚĂ, P. E.; RETSAS, A.; KUIJK, L.; CHÁVEZ DE PAZ, L. E.; BOUTSIOUKIS, C. Ultrasonic irrigant activation during root canal treatment: a systematic review. Journal of Endodontics, v. 45, n. 1, p. 31–44, 2019. DOI: 10.1016/j.joen.2018.09.010.

DEL CARPIO-PEROCHENA, A. E.; BRAMANTE, C. M.; DUARTE, M. A. H.; CAVENAGO, B. C.; VILLAS-BOAS, M. H.; GRAEFF, M. S.; BERNARDINELI, N.; DE ANDRADE, F. B.; ORDINOLA-ZAPATA, R. Biofilm dissolution and cleaning ability of different irrigant solutions on intraorally infected dentin. Journal of Endodontics, v. 37, n. 8,, 2011. DOI: 10.1016/j.joen.2011.04.013.

FIORILLO, L.; D'AMICO, C.; METO, A.; MEHTA, V.; LO GIUDICE, G.; CERVINO, G. Sodium hypochlorite accidents in endodontic practice: clinical evidence and state of the art. Journal of Craniofacial Surgery, v. 35, n. 7, p. e636–e645, 2024. DOI: 10.1097/SCS.0000000000010407.

GONÇALVES, L. S.; RODRIGUES, R. C. V.; ANDRADE JUNIOR, C. V.; SOARES, R. G.; VETTORE, M. V. The effect of sodium hypochlorite and chlorhexidine as irrigant solutions for root canal disinfection: a systematic review of clinical trials. Journal of Endodontics, v. 42, n. 4, p. 527–532, 2016. DOI:10.1016/j.joen.2015.12.021.

GUIVARC'H, M.; ORDIONI, U.; AHMED, H. M. A.; COHEN, S.; CATHERINE, J.-H.; BUKIET, F. Sodium hypochlorite accident: a systematic review. Journal of Endodontics, v. 43, n. 1, p. 16–24, 2017. DOI: 10.1016/j.joen.2016.09.023.

IANDOLO, A.; ABDELLATIF, D.; MANCINO, D. et al. In vitro experimental study comparing continuous and intermittent irrigation protocols: influence of sodium hypochlorite volume and contact time on tissue dissolution. Restorative Dentistry & Endodontics, v. 50, n. 4, e36, 2025. DOI: 10.5395/rde.2025.50.e36.

KARTIT, A. et al. Sodium hypochlorite accident diagnosis and management: analysis from the literature and the French pharmacovigilance database. Fundamental & Clinical Pharmacology, v. 38, n. 4, p. 630–639, 2024. DOI: 10.1111/fcp.12985.

KHOURY, R. D.; DE CARVALHO, L. S.; DO NASCIMENTO, M. F. R.; ALHUSSAIN, F.; ABU HASNA, A. Endodontic irrigants from a comprehensive perspective. World Journal of Clinical Cases, v. 12, n. 21, 2024. DOI: 10.12998/wjcc.v12.i21.4460.

KONSTANTINIDI, E.; PSIMMA, Z.; CHÁVEZ DE PAZ, L. E.; BOUTSIOUKIS, C. Apical negative pressure irrigation versus syringe irrigation: a systematic review of cleaning and disinfection of the root canal system. International Endodontic Journal, v. 50, n. 11, 2017. DOI: 10.1111/iej.12725.

KONSTANTINIDI, E. et al. New technologies to improve root canal disinfection. Dental Materials Journal, 2016.

MAHENDRA, A. et al. Comparative evaluation of antimicrobial substantivity of different concentrations of chlorhexidine as a root canal irrigant: an in vitro study. Journal of Oral Biology and Craniofacial

MARTINS, C. M.; MACHADO, N. E. S.; GIOPATTO, B. V.; BATISTA, V. E. S.; MARSIANO, J. A.; MORI, G. G. Post-operative pain after using sodium hypochlorite and chlorhexidine as irrigation solutions in endodontics: systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. Indian Journal of Dental Research, v. 31, n. 5, p. 774–781, 2020. DOI: 10.4103/ijdr.IJDR_294_19.

MELLO, I.; KAMMERER, B. A.; YOSHIMOTO, D.; MACEDO, M. C. S.; ANTONIAZZI, J. H. Influence of final rinse technique on ability of ethylenediaminetetraacetic acid of

removing smear layer. Journal of Endodontics, v. 36, n. 3, p. 512–514, 2010. DOI: 10.1016/j.joen.2009.11.004.

MOHAMMADI, Z.; ABBOTT, P. V. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. International Endodontic Journal, v. 42, n. 4, p. 288–302, 2009. DOI: 10.1111/j.1365-2591.2008.01540.x.

MOHAMMADI, Z.; JAFARZADEH, H.; SHALAVI, S. Antimicrobial efficacy of chlorhexidine as a root canal irrigant: a literature review. Journal of Oral Science, v. 56, n. 2, p. 99–103, 2014. DOI: 10.2334/josnusd.56.99.

MOHAMMADI, Z. et al. Smear layer removing ability of root canal irrigation solutions: a review. The Journal of Contemporary Dental Practice, v. 20, n. 3, p.395–402,2019.

NAGENDRABABU, V. et al. Effectiveness of ultrasonically activated irrigation on root canal disinfection: a systematic review of in vitro studies. Clinical Oral Investigations, v. 22, n. 2, p. 655–670, 2018. DOI: 10.1007/s00784-018-2345-x.

NEELAKANTAN, P. et al. Endotoxin levels after chemomechanical preparation of root canals with sodium hypochlorite or chlorhexidine: a systematic review of clinical trials and meta-analysis. International Endodontic Journal, v. 52, n. 1,p.41–52,2019.DOI:10.1111/iej.12963.

OLIVEIRA, B. P.; AGUIAR, C. M.; CÂMARA, A. C.; ALBUQUERQUE, M. M.; CORREIA, A. C. R. B.; SOARES, M. F. L. R. The efficacy of photodynamic therapy and sodium hypochlorite in root canal disinfection by a single-file instrumentation technique. Photodiagnosis and Photodynamic Therapy, v. 12, n. 3, p. 436–443, 2015. DOI: 10.1016/j.pdpdt.2015.05.004.

PAI, A. R. V. Factors influencing the occurrence and progress of sodium hypochlorite accident: a narrative and update review. Journal of Conservative Dentistry, v. 26, n. 1, p. 3–11, 2023. DOI: 10.4103/jcd.jcd_422_22.

PAI, A. R. V. Mechanism and clinical aspects of sodium hypochlorite accidents: a narrative review. Dental and Medical Problems, v. 62, n. 1, p. 173–185, 2025. DOI: 10.17219/dmp/171284.

SEN, B. H.; WESSELINK, P. R.; TÜRKÜN, M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. International Endodontic Journal, v. 28, n. 3, p. 141–148, 1995.

SHETTY, S. R.; AL-BAYATI, S. A. A. F.; NARAYANAN, A. et al. Sodium hypochlorite accidents in dentistry: a systematic review of published case reports. Stomatologija, v. 22, n. 1, p. 17–22, 2020.

SIQUEIRA JR., J. F.; RÔÇAS, I. N. Optimising single-visit disinfection with supplementary approaches: a quest for predictability. Australian Endodontic Journal, v. 37, n. 3, p. 119–123, 2011. DOI: 10.1111/j.1747-4477.2011.00334.x.

SPENCER, H. R.; IKE, V.; BRENNAN, P. A. Review: the use of sodium hypochlorite in endodontics — potential complications and their management. British Dental Journal, v. 202, p. 555–559, 2007.

VIANNA, M. E. et al. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, v. 97, n. 1, p. 79–84, 2004. DOI:10.1016/S1079-2104(03)00360-3.

ZOLLINGER, A. et al. Antimicrobial efficacy of chlorhexidine and sodium hypochlorite in root canal disinfection: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Journal of Endodontics, 2020. DOI: 10.1016/j.joen.2020.05.002.