



EFICÁCIA DAS NANOPARTÍCULAS NA DESCONTAMINAÇÃO DOS CANAIS RADICULARES E PRESERVAÇÃO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DO REMANESCENTE

Maria Eduarda Darigo Vasconcelos¹, Amanda Alves da Nóbrega², Ana Karinne da Silva Ferreira³, Anderson Daniel Vicente da Silva⁴, Antônio Marcos Barboza de Oliveira⁵, Camila Faro Carmo⁶, Edson Antônio da Silva⁷, Gabriel Levino Araújo de Macedo⁸, Graziella Valda Oliveira Sousa Bôa Morte⁹, Joana Alice dos Santos Luciano¹⁰, Maria Beatriz Galindo Costa¹¹, Maria Eduarda da Silva Souza¹², Mayara Paula Morais da Paz¹³, Naama Júlia Mota Ferreira¹⁴, Nathalia Suelle dos Reis Mendonça¹⁵, Olivia Maria Araújo Clemente¹⁶, Raylana Vitória da Silva Vasconcelos¹⁷, Suzana Maria Santos de Araújo Souza¹⁸



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2025v7n2p2575-2590>

Artigo publicado em 27 de Fevereiro de 2025

ARTIGO DE REVISÃO

RESUMO

Objetivos: Avaliar a eficácia das nanopartículas na descontaminação e na manutenção das propriedades mecânicas do remanescente dentário. **Metodologia:** Trata-se de uma revisão de literatura que foi realizada entre janeiro de 2025 e fevereiro de 2025, a pergunta que norteou a busca foi “O uso de nanopartículas aumenta a eficácia da descontaminação dos canais radiculares e da preservação de propriedades mecânicas do remanescente?”. A partir disso, foi feita a busca nas bases de dados PubMed (U.S. National Library of Medicine) e BVS (Biblioteca Virtual em Saúde), com lapso temporal de 5 anos. A estratégia de busca foi formulada pela conjugação dos descritores indexados no DeCS/MeSH “Nanopartículas”, “Nanotecnologia” e “Irrigantes do Canal Radicular”, combinados ao operador booleano “AND”. Os critérios de seleção foram: estudos publicados nos últimos 5 anos, que estivessem relacionados com a pergunta norteadora, com texto completo disponível em português, inglês e espanhol, revisões sistemáticas de literatura, metanálises e ensaios clínicos randomizados. A busca inicial resultou na identificação de 11 artigos. Destes, 6 artigos foram incluídos na pesquisa. **Conclusão:** As nanopartículas mostraram potencial na endodontia, com ação antimicrobiana e preservação da dentina. As de prata e óxido de zinco combateram biofilmes multiespécies, enquanto as de hidróxido de cálcio melhoraram a liberação do fármaco. Mais estudos clínicos são necessários para validar sua eficácia e segurança.

Palavras-chave: Nanopartículas, Nanotecnologia, Irrigantes do Canal Radicular.

EFFECTIVENESS OF NANOPARTICLES IN DECONTAMINATION OF ROOT CANALS AND PRESERVATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF THE REMNANT

ABSTRACT

Objectives: To evaluate the effectiveness of nanoparticles in decontaminating and maintaining the mechanical properties of the remaining teeth. **Methodology:** This is a literature review that was carried out between January 2025 and February 2025, the question that guided the search was “Does the use of nanoparticles increase the effectiveness of decontaminating root canals and preserving the mechanical properties of the remainder?”. From this, a search was carried out in the PubMed (U.S. National Library of Medicine) and VHL (Virtual Health Library) databases, with a time span of 5 years. The search strategy was formulated by combining the descriptors indexed in DeCS/MeSH “Nanoparticles”, “Nanotechnology” and “Root Canal Irrigants”, combined with the Boolean operator “AND”. The selection criteria were: studies published in the last 5 years, which were related to the guiding question, with full text available in Portuguese, English and Spanish, systematic literature reviews, meta-analyses and randomized clinical trials. The initial search resulted in the identification of 11 articles. Of these, 6 articles were included in the search. **Conclusion:** Nanoparticles showed potential in endodontics, with antimicrobial action and preservation of dentin. Those with silver and zinc oxide combatted multispecies biofilms, while those with calcium hydroxide improved drug release. More clinical studies are needed to validate its efficacy and safety.

Keywords: Nanoparticles, Nanotechnology, Root Canal Irrigants.

Instituição afiliada – Universidade Federal de Pernambuco

Autor correspondente: Maria Eduarda Darigo Vasconcelos dariqeduarda@gmail.com

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)





INTRODUÇÃO

A nanotecnologia tornou-se uma área de pesquisa com resultados promissores para a inovação tecnológica dentro da área da saúde. Inclusive o âmbito endodôntico pode se beneficiar deste campo de pesquisa, promovendo o aumento da taxa de sucesso do tratamento por meio dos recursos nanotecnológicos, uma vez que as nanopartículas possuem alta reatividade, solubilidade e podem ser combinadas com bioativos. Sua ação antimicrobiana permite melhor penetração em biofilmes, eficácia em doses menores e redução do uso de antibióticos, atuando na destruição da membrana celular, proteínas e DNA bacteriano (MCHUGH, C. P. et al. , 2004; WONG, J. et al., 2021).

As taxas de sucesso do tratamento endodôntico variam de 86 a 98%, entretanto existem alguns casos de persistência da infecção, que pode ser causada devido a permanência de bactérias em áreas de difícil acesso, como istmos, canais laterais ou túbulos dentinários. Sobretudo, sabe-se que diante desses casos, em 77% das situações nota-se a presença da bactéria *Enterococcus faecalis*, que consegue sobreviver em condições adversas, como baixa disponibilidade de oxigênio e nutrientes, além de formar biofilmes e resistir a ambientes alcalinos, como os tratados com hidróxido de cálcio, frequentemente utilizado em tratamentos endodônticos. Dessa maneira, essa espécie, que é encontrada principalmente no terço apical dos canais radiculares, é capaz de escapar do preparo químico-mecânico, devido a sua capacidade de se estabelecer a até 300 micrômetros de profundidade nos túbulos dentinários (LOVE, R. M.; JENKINSON, H. F. , 2002; FARGES, J. et al., 2015; MARÍN-CORREA, B. M. et al., 2020).

É importante salientar que, apesar do atual contexto, a medicação intracanal de escolha continua sendo o hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) há décadas, uma vez que apresenta capacidade de liberar íons hidroxila, os quais são letais para as células bacterianas, causando desnaturação de proteínas e danos às membranas e ao DNA. Contudo, sua eficácia pode ser restringida pela estrutura dentinária, pelo exsudato periapical e pelo biofilme bacteriano, além de ser um composto com baixa solubilidade, instabilidade em água e difusão inadequada, o que o torna ineficaz para o combate da *E. faecalis* inserida em uma matriz extracelular densa (ESTRELA, C. et al., 2001; WILSON,

C. E. *et al.*, 2015).

Tendo em vista esse desafio, diversas abordagens antimicrobianas alternativas foram propostas para eliminar infecções nas raízes, como a utilização da terapia fotodinâmica antimicrobiana (aPDT), bacteriófagos derivados da clorofila, sistemas de entrega de medicamentos (celulose, quitosana, alginato, espumas/ficlodextrinas, água eletrolisada, hidrogéis, lipídios e emulsões oleosas). E mais recentemente, as nanopartículas começaram a ser estudadas e estão sendo alvo de muitas expectativas para redução de falhas endodônticas, pois apresentam tamanho reduzido e consequentemente conseguem penetrar em áreas que podem conter bactérias e que são inacessíveis a outras medicações. (FRANCI, G. *et al.*, 2015; DIOGO, P. *et al.*, 2018; DIOGO, P. *et al.*, 2019).

Dentro desse viés, as limitações do Ca(OH)₂ podem ser efetivamente mitigadas por meio do encapsulamento em nanopartículas (NPs) de Políácido láctico-co-glicólico (PLGA), um polímero sintético biocompatível e biodegradável. Ademais, a utilização de PLGA na entrega de medicamentos e em aplicações biomédicas está relacionada a uma toxicidade sistêmica mínima (ELMSMARI, F. *et al.*, 2021; SHAKYA, A. K. *et al.*, 2023).

Outrossim, o sucesso da terapia endodôntica não depende apenas da descontaminação completa do sistema de canais radiculares, mas também da preservação da estrutura dentária remanescente, de modo que seja possível uma posterior reabilitação satisfatória. Tendo isso como base, a avaliação da influência dos materiais nas propriedades mecânicas dentinárias se faz relevante (SAHEBI, S. *et al.*, 2023).

Logo, esse estudo objetiva avaliar a eficácia das nanopartículas na descontaminação e na manutenção das propriedades mecânicas do remanescente dentário.

METODOLOGIA

Desenho de estudo

Este estudo consiste em uma revisão integrativa da literatura, que possibilita a combinação de dados empíricos e teóricos, com o intuito de auxiliar na definição de conceitos, identificação de lacunas, revisão de teorias e análise metodológica das



pesquisas sobre um determinado tema. Para isso, a pesquisa foi estruturada a partir de etapas metodológicas previamente definidas, incluindo a formulação da questão central, busca na literatura, coleta de dados, análise crítica dos estudos selecionados, discussão dos resultados e apresentação da revisão integrativa.

A pergunta norteadora utilizada neste estudo foi: O uso de nanopartículas aumenta a eficácia da descontaminação dos canais radiculares e na preservação de propriedades mecânicas do remanescente?. A partir da mesma, foi realizada a busca dos descritores no DeCS (Descritores em Ciências da Saúde), obtendo, por sua vez, três descritores: Nanopartículas, Nanotecnologia e Irrigantes do Canal Radicular.

Coleta de dados

Para identificação dos estudos, foi feita uma pesquisa nas bases de dados informatizadas PubMed (U.S.National Library of Medicine) e BVS (Biblioteca Virtual em Saúde) durante os meses de janeiro e fevereiro de 2025 . A estratégia de busca foi formulada com conjugação dos descritores indexados no DeCS “Nanopartículas”, “Nanotecnologia” e “Irrigantes do Canal Radicular” associados ao operador booleano “AND”, e adaptados de acordo com as especificidades de cada base de dados.

Critérios de inclusão

A seleção dos artigos foi feita a partir dos critérios de inclusão, os quais foram: estudos publicados nos últimos 5 anos, que estivessem relacionados a pergunta norteadora, com texto completo disponível em português, inglês espanhol, revisões sistemáticas de literatura, metanálises, ensaio clínico randomizado, revisões de literatura.

Critérios de exclusão

Os critérios de exclusão foram: trabalhos que não tivessem relação com a pergunta norteadora, estudos incompletos, estudos de difícil acesso nas bases de dados, estudos repetidos, artigos com muitos gráficos e imagens e pouco texto escrito, livros e documentos.



Seleção dos artigos

A escolha dos artigos foi conduzida por um pesquisador em duas fases. Na primeira fase, os títulos e resumos foram lidos para verificar a elegibilidade. Na segunda fase, o texto completo dos artigos foi examinado, e aqueles que não atendiam aos objetivos do estudo foram descartados. Os dados relevantes extraídos dos artigos selecionados foram organizados em tabelas e analisados qualitativamente.

RESULTADOS

A partir da busca dos estudos nas bases de dados, foram encontrados 11 artigos, sendo 7 deles na PubMed e 4 na BVS. Em seguida, foi feita a aplicação dos filtros de lapso temporal, restando a mesma quantidade de artigos supracitados. Após isso, foi aplicado os demais critérios de inclusão e a remoção dos artigos em duplicidade entre as bases de dados, dessa maneira restaram 6 estudos, que foram incluídos na presente pesquisa.

Quadro 1 - Distribuição dos artigos de acordo com autor, ano de publicação , tipo do estudo, objetivo, métodos e desfechos clínicos.

| Autor e Ano | Tipo de estudo | Objetivo | Métodos | Resultados |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (MARÍN-CORREA, B. M. et al.,2020) | Estudo <i>in vitro</i> | Avaliar a ação antibacteriana de um gel formulado com nanopartículas de prata (Ag-NP) contra a presença de Enterococcus faecalis nas paredes do canal radicular. | Foram utilizados 60 dentes uniradiculares humanos extraídos, instrumentados com o sistema Wave One Gold (Dentsply/EUA) e contaminados com Enterococcus faecalis. A análise antibacteriana foi conduzida intracanalmente , com a formação de diferentes grupos: a) gel de nanopartículas de prata (Ag-NP) 300 µg/mL; b) gel de Ag-NP 500 µg/mL; c) hidróxido de cálcio (Ca(OH) ₂) (Ultracal, Ultradent/EUA); e um grupo controle. Os dentes foram incubados a 37°C, e amostras foram coletadas a cada 24 horas ao longo de 7 dias. | O gel de nanopartículas de prata (Ag-NP) mostrou atividade antimicrobiana contra E. faecalis, com concentração mínima inibitória (MIC) de 300 µg/mL e concentração mínima bactericida (MBC) de 900 µg/mL. Em um modelo in vitro, o gel de Ag-NP, nas concentrações de 300 µg/mL e 500 µg/mL, teve efeito antimicrobiano semelhante ao do hidróxido de cálcio (Ca(OH) ₂). |

| | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (ROIG, X. <i>et al.</i> , 2024) | Estudo <i>in vitro</i> e <i>ex vivo</i> | Desenvolver, produzir e avaliar a viabilidade de um novo medicamento antibacteriano nanotecnológico, que é um agente intracanal termo-sensível, a partir da encapsulação de hidróxido de cálcio (Ca(OH) ₂) em nanopartículas de ácido polilático-co-glicólico (PLGA) e sua dispersão em um gel termossensível (gel Ca(OH) ₂ -NPs). Além disso, serão realizadas avaliações <i>in vitro</i> e <i>ex vivo</i> para analisar a irritação e a capacidade de penetração nos túbulos dentinários, comparando com o Ca(OH) ₂ livre. | Seis dentes humanos extraídos foram utilizados para investigar a profundidade de penetração do gel de Ca(OH) ₂ -NPs fluorescentes nos túbulos dentinários, e diferenças significativas em comparação ao Ca(OH) ₂ livre foram analisadas por meio de ANOVA unidirecional. | O gel de NPs demonstrou liberação prolongada do fármaco, com maior profundidade de penetração nos túbulos dentinários nas regiões apicais. As nanopartículas de PLGA contendo hidróxido de cálcio, dispersas em um gel termossensível, podem ser uma alternativa eficaz como medicamento antibacteriano intracanal. |
| (ELMSMARI, F. <i>et al.</i> , 2024) | Estudo <i>in vitro</i> | Desenvolver e aprimorar nanopartículas poliméricas biodegradáveis de ácido polilático-co-glicólico (PLGA), carregadas com propionato de | Nanopartículas carregadas com CP (CP-NPs) foram produzidas pelo método de deslocamento de solvente. A liberação do fármaco foi | As CP-NPs foram desenvolvidas, otimizadas e caracterizadas, demonstrando maior infiltração nos túbulos dentinários em comparação ao CP livre, além de |

| | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | <p>clobetasol (CP), para aplicação em Endodontia como medicação intracanal em dentes avulsionados com tempo extraoral prolongado.</p> | <p>analisada por 48 horas em comparação ao CP livre. Usando dentes humanos extraídos, avaliou-se a infiltração nos túbulos dentinários. A atividade anti-inflamatória das CP-NPs foi testada in vitro, especialmente em macrófagos, e a liberação das citocinas IL-1β e TNF-α foi examinada por ELISA.</p> | <p>reduzir significativamente a liberação de TNF-α. Assim, representam uma abordagem promissora para o tratamento de dentes avulsionados com tempo extraoral prolongado.</p> |
| <p>(WONG, J. <i>et al.</i>, 2021)</p> | <p>Revisão sistemática</p> | <p>Fornecer uma visão geral das evidências atuais sobre o potencial uso translacional de nanopartículas na endodontia.</p> | <p>Este trabalho é uma revisão científica que analisa a literatura existente sobre o uso de nanopartículas na endodontia. A pesquisa foca nas aplicações dessas nanopartículas em desinfecção de canais radiculares, materiais de obturação e procedimentos regenerativos. A metodologia envolve a análise de várias fontes, destacando as propriedades, vantagens e limitações das</p> | <p>Nanopartículas têm potencial para aplicações endodônticas, como desinfecção e regeneração, mas suas propriedades variam conforme a formulação. Ainda são necessários estudos para viabilizar seu uso clínico.</p> |



EFICÁCIA DAS NANOPARTÍCULAS NA DESCONTAMINAÇÃO DOS CANAIS RADICULARES E PRESERVAÇÃO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DO REMANESCENTE

Vasconcelos et. al.

| | | | | |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | nanopartículas, incluindo sua reatividade e potencial toxicidade. | |
| (LEELAPORNPI S I D, W.; WANWATANAK U L, P.; MAHATNIRUNK U L, T., 2024) | Estudo <i>ex vivo</i> | O objetivo é analisar a eficácia antimicrobiana do hidróxido de cálcio carregado em nanopartículas de ácido polilático-co-glicólico (NPs de PLGA com CH) contra diferentes espécies presentes em biofilmes. | Blocos de raízes humanas foram preparados e incubados com <i>Candida albicans</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> e <i>Streptococcus gordonii</i> por 21 dias. Os canais radiculares foram tratados por 7 dias com solução salina (controle negativo), clorexidina (controle positivo), e NPs PLGA carregadas com hidróxido de cálcio (CH). Amostras de dentina de 0,1 mm foram coletadas e o crescimento celular foi avaliado por cultura em ágar BHI. | As NPs de PLGA carregadas com CH apresentaram maior atividade antimicrobiana contra os biofilmes multiespécies de <i>E. faecalis</i> , <i>S. gordonii</i> e <i>C. albicans</i> em comparação ao Ca(OH)_2 convencional. |
| (SAHEBI, S. et al., 2023) | Estudo <i>ex vivo</i> | Avaliar a influência de nanopartículas de óxido de zinco e de prata na microdureza da dentina do canal radicular. | 40 pré-molares inferiores foram cortados ao meio, totalizando 80 amostras, que foram divididas em 5 grupos de diferentes | Irrigantes endodônticos contendo nanopartículas de prata modificada (Im-AgNPs) e nanopartículas de óxido de |



| | | | | |
|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | irrigantes (ZnONPs, AgNPs, Im-AgNPs, NaOCl ou salina) por 15 minutos. A microdureza foi avaliada antes e depois do tratamento em três regiões dos dentes a partir dos testes ANOVA unidirecional e teste post hoc de Tukey. | zinco (ZnONPs) podem aumentar significativamente a microdureza da dentina do canal radicular. As ZnONPs demonstram maior eficácia na região coronal do canal, enquanto as Im-AgNPs melhoram a resistência nos terços médio e apical, ajudando a preservar a integridade estrutural do dente. |
|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

DISCUSSÃO

De acordo com o estudo de Marín-Correa *et al.* (2020), as nanopartículas de prata são eficazes contra diversos microrganismos devido à sua ação bactericida, que afeta várias funções celulares, resultando na interrupção do transporte de nutrientes e na inibição da replicação do DNA. Dessa maneira, observou-se que o gel de nanopartículas de prata (Ag-NP) mostrou atividade antimicrobiana contra *E. faecalis*. Sobretudo, em um modelo in vitro, o gel de Ag-NP, nas concentrações de 300 µg/mL e 500 µg/mL, teve efeito antimicrobiano semelhante ao do hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂). Dentro desse mesmo viés, a pesquisa de Wong *et al.* (2021) relatou que as nanopartículas de prata (AgNPs) demonstraram ação eficaz contra *Enterococcus faecalis* em termos de atividade antimicrobiana e antibiótica. Quando aplicadas como solução de irrigação, as AgNPs revestidas com poliálcool vinílico (PVA) mostraram ser eficazes no combate a *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans* e *E. faecalis*. Em contrapartida, a solução irrigadora mais usada atualmente é o hipoclorito de sódio, o qual apesar das suas excelentes propriedades, está associado à desintegração e

enfraquecimento da matriz orgânica da dentina, danos aos tecidos periapicais e formação de bactérias persistentes. De maneira oposta, o estudo de Panáček *et al.* (2018), demonstrou que as bactérias gram-negativas *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa* podem desenvolver resistência rápida às AgNPs após exposições repetidas, produzindo fagelina, o que leva à agregação das nanopartículas.

O estudo de De Almeida *et al.* (2018), constatou que a eficácia antimicrobiana das AgNPs foi comparável à dos irrigantes endodônticos convencionais, como clorexidina a 2%, NaOCl a 1% e NaOCl a 5%. De forma contrária, o estudo de Rodrigues *et al.* (2018), discute que as soluções de AgNPs mostraram-se menos eficazes na redução de *E. faecalis* em biofilmes quando comparadas à clorexidina a 2% após 5 minutos de irrigação. No entanto, após 15 minutos, a eficácia das AgNPs foi similar à da clorexidina. Além disso, o NaOCl demonstrou propriedades antibacterianas e de dissolução de biofilme superiores às da clorexidina e das AgNPs, sendo mais eficaz nesse aspecto. Isso sugere que, embora as AgNPs tenham algum potencial, outras soluções, como o NaOCl, podem ser mais eficazes em termos de controle bacteriano e eliminação de biofilmes em tratamentos endodônticos.

O trabalho de Roig *et al.* (2024) mostra que o gel de Ca(OH)_2 -NPs exibiu maior penetração nos túbulos dentinários e uma liberação mais prolongada quando comparado ao (Ca(OH)_2) livre. Da mesma maneira, o artigo de Sireesha *et al.* , mostra que as nanopartículas de hidróxido de cálcio oferecem maior penetração e atividade antimicrobiana superior contra *E. faecalis* em comparação ao hidróxido de cálcio convencional quando usado como medicação intracanal.

O estudo *in vitro* realizado por Elmsmari *et al.* (2024) buscou se aprofundar na utilização das nanopartículas associadas ao propionato de clobetasol (CP-NPs). Dessa forma, observou-se a partir do uso do microscópio de transmissão eletrônica que as CP-NPs apresentam estrutura esférica e uniforme, o que aumenta a superfície de interação, sendo especialmente relevante para a penetração nos túbulos dentinários. Em contrapartida, também constatou-se que ao comparar a liberação do CP na forma livre e em nanopartículas (CP-NPs), esse primeiro foi liberado de maneira mais rápida e em apenas 6 horas, toda a substância já havia sido completamente liberada.

Ainda se tratando do trabalho de Elmsmari *et al.* (2024), foi avaliado a partir de

testes de microscopia confocal, a profundidade de penetração das CP-NPs nos túbulos dentinários. E, em comparação com o CP livre, as CP-NPs demonstraram maior alcance e área de infiltração, chegando até os limites externos da raiz, com diferença estatisticamente significativa. Além de promover uma extensão estendida de duração da liberação do medicamento.

O artigo de Samiei *et al.* (2015), mostra que o uso das nanopartículas de óxido de zinco (ZnONPs) para irrigação foram eficazes na eliminação de *E. faecalis* planctônico e na destruição de biofilme, mantendo sua ação antibacteriana por até 90 dias. Ainda assim, a combinação de AgNPs e ZnONPs mostrou maior atividade antimicrobiana contra *E. faecalis* do que o uso isolado de cada uma, mas 2,5% de NaOCl ainda foi mais eficaz na redução das unidades formadoras de colônias.

Nesse mesmo sentido, o estudo de Leelapornpisid; Wanwatanakul; Mahatnirunkul (2024), relata que a contagem de células bacterianas viáveis nos grupos tratados com Ca(OH)₂, gel de clorexidina e NPs de PLGA carregadas com hidróxido de cálcio foram significativamente menor em comparação com o grupo que recebeu solução salina normal ($p < 0,001$). Entre esses tratamentos, as NPs de PLGA carregadas com hidróxido de cálcio mostraram uma contagem de células viáveis ainda inferior à do grupo tratado com Ca(OH)₂ ($p < 0,001$). Isso sugere que as NPs de PLGA carregadas com CH têm um grande potencial como medicamento para terapia endodôntica, sendo eficazes na redução da viabilidade celular no ambiente do canal radicular.

No que tange a preservação das propriedades mecânicas do remanescente dentário, de acordo com Sahebi *et al.* (2023), o NaOCl reduz a microdureza da dentina, especialmente na região coronal do canal radicular, devido à degradação da matriz orgânica e das proteínas, entretanto nesse mesmo trabalho constatou-se que as nanopartículas de prata modificada (Im-AgNPs) e as nanopartículas de óxido de zinco (ZnONPs) se destacam como uma alternativa promissora para irrigação do canal radicular, pois além de suas propriedades antibacterianas, também contribuem para o aumento da microdureza da dentina. Analogamente, segundo Jowkar *et al.* (2020), a utilização de nanopartículas de AgNPs como irrigante final aumentou a resistência à fratura de dentes previamente submetidos a tratamento endodôntico.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados deste estudo, conclui-se que as nanopartículas possuem um grande potencial na endodontia, tanto na descontaminação dos canais radiculares quanto na manutenção das propriedades mecânicas da dentina. As nanopartículas de prata (AgNPs) e óxido de zinco (ZnONPs) demonstraram forte ação antimicrobiana contra biofilmes multiespécies, enquanto as nanopartículas de hidróxido de cálcio encapsuladas em PLGA proporcionaram melhor penetração e liberação prolongada do fármaco. Além disso, seu uso contribuiu para o aumento da microdureza dentinária, reduzindo os impactos negativos de irrigantes tradicionais, como o NaOCl. No entanto, são necessários mais estudos clínicos para confirmar sua eficácia e segurança na prática odontológica.

REFERÊNCIAS

1. DE ALMEIDA, J. *et al.* Effectiveness of nanoparticles solutions and conventional endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilm. **Indian Journal of Dental Research**, v. 29, n. 3, p. 347-351, 2018.
2. DIOGO, P. *et al.* Is the chlorophyll derivative Zn (II) e6Me a good photosensitizer to be used in root canal disinfection?. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 22, p. 205-211, 2018.
3. DIOGO, P. *et al.* An insight into advanced approaches for photosensitizer optimization in endodontics—A critical review. **Journal of functional biomaterials**, v. 10, n. 4, p. 44, 2019.
4. ELMSMARI, F. *et al.* Calcium hydroxide-loaded PLGA biodegradable nanoparticles as an intracanal medicament. **International Endodontic Journal**, v. 54, n. 11, p. 2086-2098, 2021.
5. ELMSMARI, F. *et al.* Development of clobetasol-loaded biodegradable nanoparticles as an endodontic intracanal medicament. **International endodontic journal**, 2024.
6. ESTRELA, C. *et al.* Two methods to evaluate the antimicrobial action of calcium hydroxide paste. **Journal of Endodontics**, v. 27, n. 12, p. 720-723, 2001.
7. FARGES, J. *et al.* Dental pulp defence and repair mechanisms in dental caries. **Mediators of inflammation**, v. 2015, n. 1, p. 230251, 2015.
8. FRANCI, G. *et al.* Silver nanoparticles as potential antibacterial agents. **Molecules**, v. 20, n. 5, p. 8856-8874, 2015.
9. JOWKAR, Z. *et al.* The effect of silver, zinc oxide, and titanium dioxide nanoparticles used as final irrigation solutions on the fracture resistance of root-filled teeth. **Clinical, cosmetic and investigational dentistry**, p. 141-148,



- 2020.
10. LEELAPORNPISID, W.; WANWATANAKUL, P.; MAHATNIRUNKUL, T. Efficacy of calcium hydroxide-loaded poly (lactic-co-glycolic acid) biodegradable nanoparticles as an intracanal medicament against endodontopathogenic microorganisms in a multi-species biofilm model. **Australian Endodontic Journal**, v. 50, n. 1, p. 89-96, 2024.
 11. LOVE, R. M.; JENKINSON, H. F. Invasion of dentinal tubules by oral bacteria. **Critical reviews in oral biology & medicine**, v. 13, n. 2, p. 171-183, 2002.
 12. MARÍN-CORREA, B. M. *et al.* Nanosilver gel as an endodontic alternative against *Enterococcus faecalis* in an in vitro root canal system in Mexican dental specimens. **New Microbiol**, v. 43, n. 4, p. 166-70, 2020.
 13. MCHUGH, C. P. *et al.* pH required to kill *Enterococcus faecalis* in vitro. **Journal of endodontics**, v. 30, n. 4, p. 218-219, 2004.
 14. PANÁČEK, A. *et al.* Bacterial resistance to silver nanoparticles and how to overcome it. **Nature nanotechnology**, v. 13, n. 1, p. 65-71, 2018.
 15. RODRIGUES, C. T. *et al.* Antibacterial properties of silver nanoparticles as a root canal irrigant against *Enterococcus faecalis* biofilm and infected dentinal tubules. **International Endodontic Journal**, v. 51, n. 8, p. 901-911, 2018.
 16. ROIG, X. *et al.* Calcium hydroxide-loaded nanoparticles dispersed in thermosensitive gel as a novel intracanal medicament. **International endodontic journal**, 2024.
 17. SAHEBI, S. *et al.* The effect of nanobased irrigants on the root canal dentin microhardness: an ex-vivo study. **BMC Oral Health**, v. 23, n. 1, p. 581, 2023.
 18. SAMIEI, M. *et al.* Antibacterial efficacy of polymer containing nanoparticles in comparison with sodium hypochlorite in infected root canals. **Minerva stomatologica**, v. 64, n. 6, p. 275-281, 2015.
 19. SIREESHA, A. *et al.* Comparative evaluation of micron-and nano-sized intracanal medicaments on penetration and fracture resistance of root dentin—An in vitro study. **International journal of biological macromolecules**, v. 104, p. 1866-1873, 2017.
 20. SHAKYA, A. K. *et al.* Review on PLGA polymer based nanoparticles with antimicrobial properties and their application in various medical conditions or infections. **Polymers**, v. 15, n. 17, p. 3597, 2023.
 21. WILSON, C. E. *et al.* Clonal diversity in biofilm formation by *Enterococcus faecalis* in response to environmental stress associated with endodontic irrigants and medicaments. **International endodontic journal**, v. 48, n. 3, p. 210-219, 2015.
 22. WONG, J. *et al.* The potential translational applications of nanoparticles in endodontics. **International Journal of Nanomedicine**, p. 2087-2106, 2021.