

UNIVERSIDADE DO PLANALTO CATARINENSE

**RAYANNE DE OLIVEIRA
JENNIFER MIRANDA ANTUNES**

**EFETIVIDADE DO HIDRÓXIDO DE CÁLCIO NANOPARTICULADO
PARA O TRATAMENTO DE INFECÇÕES ENDODÔNTICAS**

LAGES

2023

UNIVERSIDADE DO PLANALTO CATARINENSE

**RAYANNE DE OLIVEIRA
JENNIFER MIRANDA ANTUNES**

**EFETIVIDADE DO HIDRÓXIDO DE CÁLCIO NANOPARTICULADO
PARA O TRATAMENTO DE INFECÇÕES ENDODÔNTICAS**

Trabalho de curso apresentado para a disciplina de Trabalho de Curso do 9º semestre do Curso de Odontologia da Universidade do Planalto Catarinense e como requisito para a conclusão do curso.

Orientadora: Profª. Dra. Anelise Viapiana Masiero

Co-orientadora: Profª. Dra. Cleonice Gonçalves da Rosa

LAGES

2023

UNIVERSIDADE DO PLANALTO CATARINENSE

**RAYANNE DE OLIVEIRA
JENNIFER MIRANDA ANTUNES**

**EFETIVIDADE DO HIDRÓXIDO DE CÁLCIO NANOPARTICULADO
PARA O TRATAMENTO DE INFECÇÕES ENDODÔNTICAS**

Trabalho de curso apresentado para a disciplina de Trabalho de Curso do 9º semestre do Curso de Odontologia da Universidade do Planalto Catarinense e como requisito para a conclusão do curso.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Profa. Anelise Viapiana Masiero (orientadora) _____

Profa. Cleonice Gonçalves da Rosa (coorientadora) _____

Profa. Msc. Isabela França de Almeida Ramos _____

Profa. Esp. Francinne Bianchini Ampessan _____

LAGES

2023

“É o senhor quem dá sabedoria; a sabedoria e o entendimento vem dEle.”

PROVÉRBIOS 2:6

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, que nos sustentou e abençoou em todos os nossos obstáculos e desafios, e nesse período adquirimos aprendizado e amadurecimento.

Agradecemos aos nossos familiares e companheiro que não mediram esforços para verem a nossa felicidade, sendo o nosso alicerce, por sempre nos apoiarem e serem o nosso suporte nesse período tão importante.

A orientadora Anelise Viapiana Masiero e a coorientadora Cleonice Gonçalves da Rosa que foram fundamentais em suas correções e elaboração desse trabalho e na nossa formação acadêmica.

RESUMO

No tratamento endodôntico a medicação intracanal comumente utilizada é o hidróxido de cálcio, pelo seu poder antimicrobiano, alcalinização do meio e a propriedade de estimular condições favoráveis ao reparo tecidual. A nanotecnologia tem sido utilizada na Odontologia em diversas áreas tendo como uma das propriedades poder chegar em áreas de difícil acesso. Nesse sentido o objetivo do presente estudo foi investigar a efetividade do hidróxido de cálcio nanoparticulado no tratamento de infecções. A busca na literatura foi realizada nos meses de março e abril de 2023, com os descritores em inglês como palavras-chave: “*Intracanal Dressing*”, “*Endodontic Infection*”, “*Calcium Hydroxide*” e “*Nanoparticles*” inter-relacionadas pelo localizador booleano "AND" nas bases de dados Science Direct e PubMed. Inicialmente foram encontrados 126 artigos potencialmente elegíveis. A pré-seleção considerou a leitura de título e resumo dos artigos e classificou ao final 21 publicações. Do total foram selecionados para a inclusão do quadro de revisão 5 artigos. Os resultados do presente estudo mostraram que a ação antimicrobiana da medicação de hidróxido de cálcio nanoparticulado apresentou resultados promissores para a desinfecção do sistema de canais radiculares, efetiva ação antimicrobiana contra *E. faecalis* comparado aos outros medicamentos, menor efeito na microdureza da dentina e biodisponibilidade frente aos fibroblastos podendo ser empregado como coadjuvante no tratamento das infecções endodônticas.

Palavras-chaves: Endodontia. Infecção Resistente. *Enterococcus Faecalis*. Nanopartícula. Hidróxido de Cálcio.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

E. faecalis: *Enterococcus Faecalis*

NM: Nanômetros

SRC: Sistemas de canais radiculares

Ca (OH)₂: Hidróxido de cálcio

NPs: Nanopartículas Biodegradáveis

CNPs: Nonopartículas de quitosa

EPE: Extrato etanólico de própolis

TAP: Pasta de antibiótico triplo

PLGA: Nanopartículas de ácido poli-láctico-co-glicólico

TEM: Microscopia eletrônica de transmissão

FTIR: Infravermelho transformada por Fourier

DSC: Calorimetria diferencial de varredura

µm: Micrômetro

OH-: Hidroxila

Mg: Miligrama

ml: Mililitro

Ca: Cálcio

OH₂: Hidróxido

NCS: Nanoquitosa

CH: Hidróxido de cálcio

FTIR: Fourier

DSC: Calorimetria diferencial de varredura

LISTA DE FIGURA

Figura 1 – Síntese do processo de seleção dos estudos para análise.....	19
---	----

LISTA DE QUADRO

Quadro 1: Artigos selecionados para a revisão	20
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. PROPOSIÇÃO	12
3. REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 Infecções endodônticas	13
3.2 Nanopartículas e seu uso na Endodontia	15
3.3 Nanopartículas em medicação intracanal	16
4. METODOLOGIA	18
5. RESULTADOS	19
6. DISCUSSÃO	22
7. CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1. INTRODUÇÃO

A estrutura dental hígida apresenta esmalte, cemento e dentina que isolam a polpa de microrganismos orais. Quando essa proteção é rompida, seja por cárie, fraturas ou outros fatores, os microrganismos podem atingir a cavidade pulpar e resultar na necrose da polpa e na formação de lesões nos tecidos perirradiculares (SOARES; GOLDBERG, 2011).

As inflamações pulpares podem ser classificadas como pulpíte reversível, pulpíte irreversível. A pulpíte reversível apresenta inflamação leve no tecido pulpar, se a causa for eliminada, a inflamação será revertida e a polpa retornará ao estado normal. A pulpíte irreversível apresenta inflamação pulpar severa, onde a polpa é incapaz de se curar, se a causa for eliminada, a inflamação da polpa não regride. Como consequência podemos ter a necrose pulpar (TORABINEJAD; WALTON, 2010).

As infecções endodônticas podem ser classificadas através da sua localização anatômica em intrarradicular ou extrarradicular. As intrarradiculares são subdivididas em três categorias, sendo elas primária, secundária ou infecção persistente, divididas através do momento em que os microrganismos entram em contato no canal radicular. Na infecção primária os microrganismos invadem e colonizam o tecido pulpar, conduzindo a necrose da polpa. Na infecção secundária os microrganismos introduzem o sistema de canais radiculares somente depois da intervenção profissional, a entrada pode ser durante o tratamento, entre consultas ou após a obturação dos canais radiculares e na infecção persistente os microrganismos resistem aos procedimentos antimicrobianos intracanaís e suportam grandes períodos de privação de nutrientes. As infecções extrarradiculares ocorrem por invasão microbiana e proliferação nos tecidos perirradiculares, o que é, quase invariavelmente, uma seqüela da infecção intrarradicular (TORABINEJAD; WALTON, 2010).

No tratamento endodôntico dependendo da situação clínica utiliza-se quando necessário entre as sessões substâncias medicamentosas no interior da cavidade pulpar. Nos casos de polpa viva a medicação intracanal tem como principais objetivos o controle da inflamação e evitar uma infecção do SCR. Nos dentes despolpados, o medicamento intracanal buscará potencializar a desinfecção obtida com o preparo químico-mecânico (SOARES; GOLDBERG, 2011).

Um dos principais problemas da terapia endodôntica são as bactérias localizadas em áreas distantes do canal radicular principal, que podem não ser afetadas pelos procedimentos de tratamento e manter a doença (TORABINEJAD; WALTON, 2010).

O desafio para pesquisadores e clínicos que surge desse problema é desenvolver estratégias, instrumentos ou substâncias que possam alcançar essas áreas (RICUCCI et al, 2013).

Em razão dessas limitações novas estratégias para o combate às infecções endodônticas têm sido desenvolvidas e dentre elas destacam-se as nanopartículas (SHRESTHA; KISHEN, 2016), pois estas se configuram em sistemas locais de administração de medicamentos (LDDS) (RAJESHWARI et al., 2019). As nanopartículas incorporam-se em dimensões de 1 a 100 nanômetros (nm), e apresentam um desempenho fundamental no avanço na área da ciência (NAHAR; SARKER, 2022).

2. PROPOSIÇÃO

Investigar a efetividade do hidróxido de cálcio nanoparticulado no tratamento de infecções endodônticas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Na presente revisão de literatura foram abordados aspectos relacionados as infecções endodônticas, em especial as infecções persistentes e como a nanotecnologia associada as medicações intracanaís pode contribuir para a sanificação do sistema de canais radiculares.

3.1. Infecções endodônticas

A endodontia tem dentre seus princípios a sanificação do sistema de canais radiculares por meio da instrumentação e do emprego de substâncias químicas e apesar de um índice de sucesso satisfatório por vezes, as infecções persistem, mesmo em canais bem tratados (FERNANDES, 2021).

As infecções endodônticas são causadas por diversos biofilmes bacterianos que se encontram na luz do canal principal, aderidos nos túbulos dentinários, propagando-se mais para a apical do dente (SIQUEIRA JR et al., 2012).

Mais de 400 espécies bacterianas têm sido detectadas em canais radiculares infectados, usualmente em combinações de 10 a 30 espécies na infecção primária, com grande prevalência de espécies anaeróbias estritas. Os gêneros de bactérias anaeróbias estritas mais prevalentes em infecções primárias são: *Treponema*, *Tannerella*, *Fusobacterium*, *Dialister*, *Prevotella*, *Porphyromonas*, *Parvimonas*, *Peptostreptococcus*, *Pseudoramibacter*, *Eubacterium* e *Actinomyces* (SIQUEIRA JR et al., 2012).

Nas infecções secundárias há predomínio de bactérias anaeróbias facultativas Gram positivas, sendo a mais frequente, o *Enterococcus faecalis*, além de *Streptococcus*, *Peptostreptococcus*, *Actinomyces*, *Bacterioides* e *Cândida albicans*. Sendo que nos casos de insucesso endodôntico o *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) é o microrganismo mais encontrado (SIQUEIRA JR et al., 2012).

O *Enterococcus faecalis* tem a capacidade de penetrar nos túbulos dentinários, o que não é demonstrada por todas as espécies bacterianas. Do ponto de vista microbiológico, os *Enterococos* apresentam poucas exigências para o seu crescimento, sendo capazes de crescer em temperatura de 10 a 45 °C, pH 9,6 em 6,5% de solução salina, e de sobreviver a 60 °C por 30 minutos (PARADELLA et al., 2007).

Diante do exposto é possível observar que as infecções endodônticas primárias e persistentes apresentam diferenças em sua microflora, geralmente abrange microbiota

anaeróbia, enquanto o *Enterococcus faecalis* multirresistente tem sido associado a doenças endodônticas persistentes (JAIN et al., 2016).

Al-Badah et al. (2015) compararam diferentes cepas bacterianas de canais radiculares infectados, concluindo que o *Enterococcus faecalis* é o microrganismo prevalente. Os autores agruparam o *Enterococcus faecalis* a genótipos diferentes e observaram diversos níveis de susceptibilidade antimicrobiana, que indicam que, embora as cepas bacterianas possam ser semelhantes, as mutações pontuais podem resultar em extrema suscetibilidade ou resistência a vários antibióticos (AL-BADAH et al., 2015).

Quando ocorrem alterações irreversíveis na polpa que podem levar à inflamação, necrose, abscessos, cistos e outras condições patológicas, a causa mais comum é por microrganismos. O tratamento para a maioria dessas condições é remover a polpa, limpar e modelar o espaço pulpar, seguido de obturação. Porém, para ter resultados satisfatórios e clinicamente bem-sucedidos precisa-se eliminar totalmente os patógenos dos canais radiculares, o que nem sempre é uma realidade (KANDASWAMY et al., 2016).

O tratamento endodôntico de dentes necrosados com ou sem lesão apical e retratamentos, tem como o principal objetivo a sanificação do sistema de canais radiculares para permitir o reparo dos tecidos periapicais e o uso de medicação intracanal é importante para atuar onde o preparo mecânico da instrumentação e a irrigação não conseguiram atingir a sanificação, e com isso reduzir a microbiota endodôntica (GIACOMIN, 2015).

Nestes casos o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) é a medicação mais empregada para os casos de infecção endodôntica que tem sua ação condicionada a dissociação iônica do hidróxido de cálcio em íons cálcio e íons hidroxila elevando o pH, com valores aproximados de 12,6 o que estabelece a alta liberação de íons hidroxila (ESTRELA; FIGUEIREDO, 1999). Entretanto, o *Enterococcus faecalis* pode resistir ao preparo do canal radicular e às ações das medicações intracanaís, dentre elas o hidróxido de cálcio (GHORBANZADEH et al., 2020).

E neste contexto um novo cenário de tratamento e prevenção de infecções endodônticas surge com o emprego de nanopartículas em razão de suas propriedades biológicas e físico-químicas aperfeiçoadas. As formas dos túbulos dentinários e dos microrganismos são em nanoescala, então, pensar em irrigantes, medicamentos intracanaís e materiais de obturação em nanopartículas para melhor combater estes microrganismos (KANDASWAMY et al., 2016).

3.2. Nanopartículas e seu uso na Endodontia

A cavidade oral consiste em um ambiente complexo com uma diversidade e de microrganismos responsáveis pelos principais problemas de saúde bucal, como cáries, doenças periodontais e patologias pulpares e periapicais (SAKKO et al., 2016).

Os nanomateriais tem sido utilizado em diversas aplicações da odontologia, inserindo aplicações endodônticas, regeneração de tecidos, revestimentos de implantes e reforço de compósitos poliméricos. A saúde bucal teve grandes melhoras em função do desenvolvimento de novos nanobiomateriais e pela modificação das propriedades de biomateriais já existentes (ZAFAR et al., 2019). As nanotecnologias têm seus benefícios em aplicações, o que incluem, por exemplo, potencial de clareamento, melhoria nas propriedades mecânicas de resinas compostas e implantes, inibição do crescimento do biofilme e tratamento do canal radicular. Porém mesmo tendo ações benéficas, ainda são experimentos. A medicina oral é o terceiro assunto mais estudado clinicamente na nanomedicina em geral. Os resultados desses experimentos e seu potencial são uma conquista importante (HAWTHORNE et al., 2017).

As nanopartículas são partículas sólidas e nanoescala formadas a partir de materiais biocompatíveis contendo uma substância ativa produzida por métodos mecânicos ou químicos. As aplicações mais importantes do sistema de entrega de drogas em diferentes patologias dentais e seu potencial para resolver outros desafios odontológicos são analisadas, por exemplo, para o controle de cárie e restauração, biofilme oral e gerenciamento de doença periodontal, remineralização dentária e desinfecção do canal radicular (PIÑÓN-SEGUNDO et al., 2019).

Considerando que a principal causa da maioria das doenças dentárias ocorrem pela formação e aderência de biofilme, as nanopartículas podem ser promissoras justamente por possuírem atividade antimicrobiana e antibiofilme (JAVIDI et al., 2014; BALTO et al., 2020), o que reforça sua aplicação em várias áreas da odontologia.

As nanopartículas de prata (AgNPs) têm sido incorporadas em biomateriais para prevenir ou reduzir a formação de biofilme e desempenham um papel de excelência. Possui propriedades antimicrobianas, sua relação superfície/volume e o pequeno tamanho da partícula, influenciam nisso, sem afetar as propriedades mecânicas do material (BAPAT et al., 2018).

As nanopartículas de prata têm chamado atenção por seu comportamento aprimorado de antimicrobianos em infecções de canal radicular. Em estudo de revisão Samiei et al., (2016) concluíram que os sistemas nanoparticulados mostraram um efeito aprimorado ou pelo menos igual dos convencionais para combater as infecções dos canais radiculares.

3.3. Nanopartículas em medicação intracanal

No que se refere as medicações intracanaís, estas são utilizadas com o objetivo de reduzir a contaminação do SCR durante as sessões (DISTEL et al., 2002). Há relatos de aplicação de AgNPs a 0,02% na forma de gel associada ao Ca(OH)_2 (JAVIDI et al., 2014), na forma de suspensão associadas ao Ca(OH)_2 (BALTO et al., 2020), ambos estudos demonstrando um significativo efeito antibiofilme contra o *E. faecalis* (JAVIDI et al., 2014; BALTO et al., 2020). Assim, considera-se a possibilidade de uso prolongado das AgNPs como nas medicações intracanaís desde que sejam estabelecidas as concentrações não tóxicas para uso *in vivo* (SHRESTHA; KISHEN, 2016).

Carpio-Perochena et al. (2017) avaliaram a eficácia de nanopartículas de quitosana (CNPs) e extrato etanólico de própolis (EPE) incorporados em uma pasta de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) e seu efeito antibacteriano contra *Enterococcus faecalis*. As pastas experimentais foram capazes de reduzir significativamente o *E. faecalis*. Assim, incorporar nanopartículas de quitosana em pastas de hidróxido de cálcio pode ser potencialmente benéfico quanto ao uso de medicamentos intracanal, tendo a capacidade de matar bactérias em exposição de curto e longo prazo.

Balto et al. (2020) avaliaram a eficácia do antibiofilme de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) misturado com nanopartículas de prata a 0,02% (AgNPs) em comparação com 1 mg/mL de pasta de antibiótico triplo (TAP), Ca(OH)_2 , e 0,02% de AgNPs contra *Enterococcus faecalis*. Concluíram que a mistura de hidróxido de cálcio misturado com nanopartículas de prata e, 1 mg/mL TAP mostrou um efeito antibiofilme eficaz.

O Ca(OH)_2 foi modificado com sucesso em nanopartículas de ácido poli-láctico-co-glicólico (PLGA), com o intuito do uso na endodontia como um medicamento intracanal. O hidróxido de cálcio nanoparticulado foi preparado através do método de deslocamento de solvente. A morfologia das nanopartículas biodegradáveis NPs foi examinada em microscopia eletrônica de transmissão (TEM), e a caracterização foi feita por difração de raios X, infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) e calorimetria diferencial de varredura (DSC). O perfil de liberação do fármaco de Ca(OH)_2 NPs e Ca(OH)_2 livre foi avaliado por até 48 horas. Para examinar a profundidade de penetração dentro dos túbulos dentinários, foi usado o teste U de Mann-Whitney para determinar quaisquer diferenças significativas. Os resultados da profundidade e área de penetração foram significativamente maiores dentro dos túbulos dentinários em comparação com a droga livre, isso foi examinado através do exame por microscopia confocal de varredura a laser. Os autores concluíram que as nanopartículas

exibiram perfil de liberação prolongada do fármaco e penetração superior nos túbulos dentinários quando comparados ao hidróxido de cálcio convencional (ELMSMARI et al., 2021).

4. METODOLOGIA

O estudo se caracteriza como um estudo de revisão de literatura que foi realizado nas bases de dados *Science Direct* e *PubMed* durante o ano de 2022. Foram utilizadas como palavras-chave: “*Intracanal Dressing*”, “*Endodontic Infection*”, “*Calcium Hydroxide*” e “*Nanoparticles*” inter-relacionadas pelo localizador booleano "AND".

Foram considerados como critérios de inclusão: artigos científicos de estudos *in vitro*, *in vivo* ou *ex vivo* que avaliem o uso do hidróxido de cálcio nanoparticulado no tratamento das infecções endodônticas.

Foram utilizados como intervalo de tempo artigos publicados nos últimos 7 anos (2016-2022) escritos em idioma inglês e que possuíssem acesso online. Livros, teses, dissertações, artigos de revisão e notas editoriais serão excluídos da pesquisa.

Inicialmente os artigos foram selecionados pelo título e resumo. Posteriormente foram avaliados na íntegra por todos os autores do estudo para uma análise completa daqueles que atendiam os critérios de inclusão. A partir da seleção final as informações foram incluídas em um quadro para análise dos resultados dos estudos, parâmetros bibliométricos como autor e data também foram avaliados.

5. RESULTADOS

No início das buscas foram encontrados 126 artigos potencialmente elegíveis. Destas, 91 foram identificadas na base do *Science Direct* e 35 no *PubMed*. A pré-seleção considerou a leitura de título e resumo dos artigos e classificou ao final 21 publicações. Do total selecionado para a inclusão do quadro de revisão 5 artigos foram acessados os 5 artigos do *PubMed* como demonstra na figura 1. Os artigos escolhidos estão apresentados no Quadro 1.

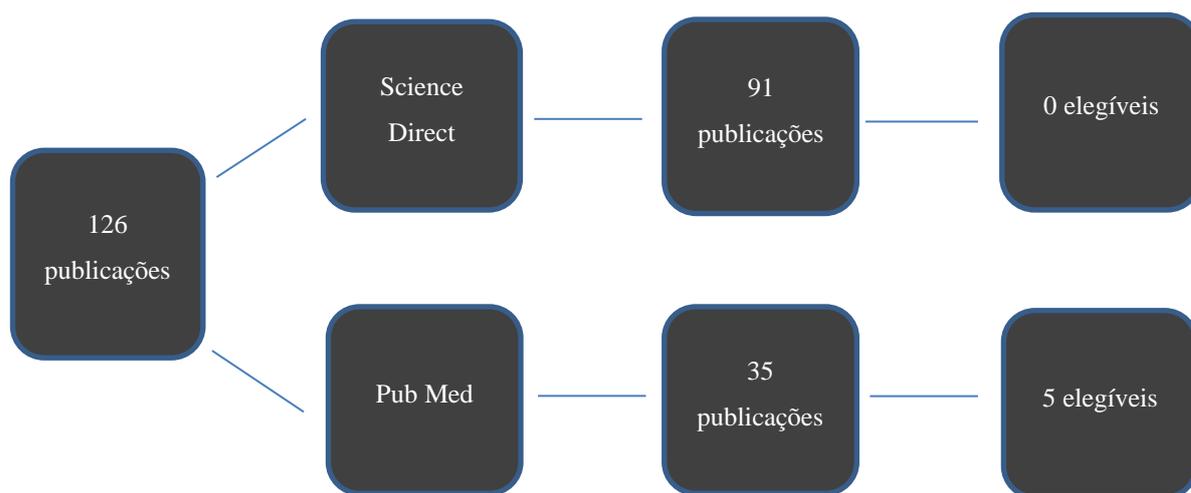


Figura 1 – Síntese do processo de seleção dos estudos para análise.

Quadro 1: Artigos selecionados para a revisão

Autor	Nanopartícula	Tipo de Estudo	Biocompatibilidade	Aplicabilidade	Microorganismo Testado	Principais resultados
LOUWAKUL <i>et al.</i> , 2016	Nanopartículas de óxido de cálcio e hidróxido de cálcio	<i>In vitro</i>	---	Ação antimicrobiana contra <i>E. faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	As nanopartículas de hidróxido de cálcio mostraram maior efetividade quando comparadas com as nanopartículas de óxido de cálcio e atingiram uma significativa profundidade da superfície, chegando a 200- μ m, na qual, foram encontradas células destruídas dentro dos túbulos dentários. Já nos grupos tratados com óxido de cálcio e hidróxido de cálcio convencionais foram encontradas células bacterianas ativas, na parte superior dos túbulos dentários.
FARZANEH <i>et al.</i> , 2018	Hidróxido de cálcio convencional e hidróxido de cálcio nanoparticulado	<i>In vitro</i>	Sim		Célula de fibroblasto	O medicamento em nanopartículas quando comparado com o convencional apresenta maior penetração e profundidade em todas as regiões da raiz e em células de fibroblastos.
SIREESHA <i>et al.</i> , 2017	Hidróxido de cálcio convencional, hidróxido de cálcio nanoparticulado, quitosana e nanoquitosana	<i>In vitro</i>	--		<i>Enterococcus faecalis</i>	Hidróxido de cálcio nanoparticulado mostrou maior profundidade de penetração, tendo a menor porcentagem de riscos a fratura e melhor eficácia antimicrobiana contra o <i>Enterococcus faecalis</i> .
ZAND <i>et al.</i> , 2017	Hidróxido de cálcio convencional e hidróxido de cálcio nanoparticulado	<i>In vitro</i>	--	Melhorou a penetração dos túbulos dentários.		O hidróxido de cálcio nanoparticulado mostrou melhor eficácia nos túbulos dentários em penetração nas três zonas testadas, coronal, média e apical, comparado nas mesmas secções com o hidróxido de cálcio convencional.
NASERI <i>et al.</i> , 2019	Hidróxido de cálcio convencional e hidróxido de cálcio nanoparticulado	<i>In vitro</i>	--	Melhorou a penetração dos túbulos dentários.		O hidróxido de cálcio nanoparticulado pode penetrar mais profundamente nos túbulos dentários comparado ao hidróxido de cálcio convencional, sendo também, menos prejudicial a dentina, mostrou menos efeitos na microdureza da mesma.

Fonte: Os autores (2023).

Em relação aos objetivos, 2 artigos avaliaram especificamente a ação antimicrobiana contra o *E. faecalis*. 1 publicação avaliou a biocompatibilidade do hidróxido de cálcio nanoparticulado na raiz e nas células de fibroblasto, 2 artigos avaliaram a penetração do hidróxido de cálcio nos túbulos dentinários.

Ao que se refere ao tipo de estudo, os 5 artigos são estudos *in vitro*.

Dentre os principais resultados dos estudos observa-se que o hidróxido de cálcio nanoparticulado apresentou maior efetividade antimicrobiana atingindo de forma significativa áreas mais profundas no interior da dentina quando comparado ao óxido de cálcio e hidróxido de cálcio convencionais. Ainda, demonstrou ser menos prejudicial a dentina com menor porcentagem de risco a fratura.

6. DISCUSSÃO

A principal causa dos insucessos na endodontia é a presença dos microrganismos dentro dos canais radiculares embora a maioria das bactérias sejam eliminadas durante o preparo mecânico. Este fato resulta da complexidade do SCR não sendo possível remover os microrganismos que penetraram nos túbulos dentinários, apenas com instrumentação. Desta forma, os insucessos na endodontia ainda são frequentes, embora esteja disponível, constantes avanços nas medicações intracanaís (FARZANEH et al., 2018).

Diante desta problemática, diversos materiais são utilizados para aplicação, durante a fase de preparo dos canais, e no intervalo das sessões do tratamento, com o intuito de inativar e desinfetar o restante de tecido necrótico e os microrganismos que penetraram no canal. Como medicação intracanal, o hidróxido de cálcio tem sido a melhor escolha pelos endodontistas. Dentre as características físico-químicas do hidróxido de cálcio, e possível citar, o pH alcalino próximo a pH 12. A presença dos íons hidroxila (OH^-) do hidróxido de cálcio, proporcionam a destruição das paredes celulares bacterianas, com grande espectro de ação antimicrobiana (FARZANEH et al., 2018).

E um dos principais objetivos da fase de sanificação é atingir microrganismos alojados em áreas distantes (TORABINEJAD; WALTON, 2010; RICUCCI et al, 2013). Neste contexto, a nanotecnologia pode ser uma aliada visto que é a ciência de materiais em que suas interfaces são de dimensões extremamente pequenas, sendo de 1 a 100 nanômetros. Essas partículas, frequentemente, exibem propriedades mecânicas, ópticas magnéticas ou químicas distintas das partículas macroscópicas. É uma ciência moderna e inovadora no campo de antimicrobianos (TORABINEJAD; WALTON, 2010; RICUCCI et al, 2013).

No presente estudo de revisão observou-se que as pesquisas com os sistemas nanoparticulados a base de hidróxido de cálcio na endodontia são majoritariamente *in vitro*, e apresentaram quatro objetivos principais: (a) a avaliação e ação antimicrobiana contra o *E. faecalis* (LOUWAKUL et al., 2016 e SIREESHA et al., 2017); (b) biocompatibilidade (SIREESHA et al., 2017); (c) a penetração do hidróxido de cálcio nos túbulos dentinários (ZAND et al., 2017 e NASERI et al., 2019) e (d) o efeito sobre a resistência da dentina (ZAND et al., 2017).

O enfraquecimento da dentina pela ação do hidróxido de cálcio ainda não está completamente compreendido. Uma hipótese é que provavelmente ocorra por uma ação deste na matriz orgânica da dentina, determinada pelas fibras colágenas. O hidróxido de cálcio causaria a ruptura da ligação entre essas fibras e a hidroxiapatita (porção inorgânica da dentina)

devido a sua alta alcalinidade, desencadeando a desnaturação das proteínas e proteoglicanos que fazem essa ligação. Esses fatores tornariam a estrutura dentinária mais dura, menos flexível e, conseqüentemente, mais friável (BATUR et al. 2013).

Louwakul et al. (2016) compararam a ação antimicrobiana das nanopartículas de óxido de cálcio e nanopartículas hidróxido de cálcio contra o *E. faecalis* em dentina radicular humana. Os autores relataram que as nanopartículas de hidróxido de cálcio apresentaram ação bactericida mais efetiva quando comparado ao óxido de cálcio e o hidróxido de cálcio puro. As medicações no seu formato convencional obtiveram resultados na penetração somente na parte superficial da parede do canal radicular.

Sireesha et al. (2017) avaliaram o desempenho do hidróxido de nanocálcio na desinfecção, penetração intratubular e a resistência à fratura de raízes preenchidas com medicamentos intracanaís a base de hidróxido de nanocálcio. O uso do hidróxido de cálcio em defeitos reabsortivos, ápices abertos e infecção persistente apresenta um impacto negativo na resistência das fraturas radiculares, a resistência da fratura da dentina radicular humana é reduzida pelo tratamento prolongado com o hidróxido de cálcio. O nanocálcio apresentou uma maior profundidade de penetração e maiores halos de inibição de *E. faecalis* quando comparado com quitosana. Nas condições deste estudo, pode-se concluir que o hidróxido de nanocálcio e NCS podem ser usados como potenciais medicamentos intracanaís.

Farzaneh et al. (2018) compararam o hidróxido de cálcio convencional e a nanopartícula do hidróxido de cálcio em estudo *in vitro*, os autores concluíram que a nanopartícula do hidróxido de cálcio obteve mais eficácia na penetração das três regiões da raiz em comparação ao hidróxido de cálcio convencional.

Em outro estudo *in vitro* observou-se que a efetividade do nanohidróxido de cálcio foi superior ao hidróxido de cálcio convencional, devido a melhor penetração do material em escala nanométrica nos túbulos dentinários, com conseqüente aumento na eficácia antimicrobiana. (ZAND et al., 2017), e manutenção da microdureza da dentina (NASERI et al., 2019).

Diante do exposto foi possível observar, que os estudos disponíveis na literatura com hidróxido de cálcio nanoparticulado, são ainda em escalas laboratoriais e *in vitro*, sendo necessários ao desenvolvimento de mais estudos *ex vivo* e *in vivo* em modelos animais e futuramente em humanos, para comprovar a segurança e eficácia do hidróxido de cálcio nanoparticulado como medicação intracanal.

7. CONCLUSÃO

A partir da revisão de literatura realizada observou-se que os estudos mostraram maior eficácia antimicrobiana, melhor alcance de profundidade de penetração nos túbulos dentinários do hidróxido de cálcio nanoparticulado, menor efeito sobre a microdureza da dentina, e biodisponibilidade frente a fibroblastos podendo no futuro ser empregado como coadjuvante no tratamento das infecções endodônticas com resultados promissores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-BADAH, A. S. *et al.* Clonal diversity and antimicrobial resistance of *Enterococcus faecalis* isolated from endodontic infections. **Electronic Journal of Biotechnology**. v. 18. n. 3, p. 175-180, mai. 2015.
- BALTO, H. A. G. *et al.* Combined Effect of a Mixture of Silver Nanoparticles and Calcium Hydroxide against *Enterococcus faecalis* Biofilm. **Journal of Endodontics**. v. 46, n. 11, p. 1689-1694, nov. 2020.
- BAPAT, R A. *et al.* An overview of application of silver nanoparticles for biomaterials in dentistry. **Materials Science And Engineering**. v. 91, p. 881-898, out. 2018.
- BATUR, Y. B. *et al.* The long-term effect of calcium hydroxide application on dentin fracture strength of endodontically treated teeth. **Dental Traumatology**, v. 29, n. 6, p. 461-464, 2013.
- CARPIO-PEROCHENA, A. D. *et al.* Antibacterial Properties of Chitosan Nanoparticles and Propolis Associated with Calcium Hydroxide against Single- and Multispecies Biofilms: An In Vitro and In Situ Study. **Journal Of Endodontics**. v. 43, n. 8, p. 1332-1336, ago. 2017.
- DISTEL, J. W. *et al.* Biofilm formation in medicated root canals. **Journal of Endodontics**. v. 28, n. 10, p. 689-693, out. 2002.
- ELMSMARI, F. *et al.* Calcium hydroxide-loaded PLGA biodegradable nanoparticles as an intracanal medicament. **International endodontic journal**. v. 54, n. 11, p. 2086-2098, nov. 2021
- ESTRELA, C.; FIGUEIREDO, J. A. P. Endodontia Princípios Biológicos e Mecânicos. São Paulo. **Artes Médicas**. p. 574, 1999.
- FARZANEH, B.; AZADNIA, S., FEKRAZAD, R. Comparison of the permeability rate of nanoparticle calcium hydroxide and conventional calcium hydroxide using a fluorescence microscope. **Dental Research Journal**. v. 15, n. 6, p. 385-390, nov./dez. 2018.
- FERNANDES, C. M. **Avaliação da eficácia antimicrobiana da terapia fotodinâmica no tratamento das infecções endodônticas**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Universidade do Planalto Catarinense, Lages, 2021.
- GHORBANZADEH, R. *et al.* Modulation of virulence in *Enterococcus faecalis* cells surviving antimicrobial photodynamic inactivation with reduced graphene oxide-curcumin: An ex vivo biofilm model. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**. v. 29, p. 1-9 out./dez. 2020.

GIACOMIN, A. **Efeito antimicrobiano de diferentes medicações intracanaís sobre o *Enterococcus Faecalis***. Monografia de Especialização em endodontia. Universidade do Planalto Catarinense. Lages, p. 38, 2015.

HAWTHORNE, G. H. *et al.* Oral nanomedicine and the emergent process of clinical translation. **Nanostructures for Oral Medicine**. p. 863-884, 2017.

JAIN, H. *et al.* Persistence of endodontic infection and *Enterococcus faecalis*: Role of horizontal gene transfer. **Gene Reports**. v. 5, p. 112-116, dez. 2016.

JAVIDI, M. *et al.* Efficacy of a combined nanoparticulate/calcium hydroxide root canal medication on elimination of *Enterococcus faecalis*. **Australian endodontic journal**. v. 40, n. 2, p. 61-65, ago. 2014.

KANDASWAMY, E. *et al.* Antimicrobial effect of nanoparticles in endodontics. **Nanobiomaterials in Dentistry**. v. 11, p. 161-186, 2016.

LOUWAKUL, P. *et al.* Efficacy of calcium oxide and calcium hydroxide nanoparticles on the elimination of *Enterococcus faecalis* in human root dentin. **Clinical Oral Investigations**. v. 21, n. 3, p. 365-371, abr. 2016.

NAHAR, L.; SARKER, S. D. Nanotechnology and oral health. **Nanotechnology in Biomedicine**. p. 155-176, 2022.

NASERI, M. *et al.* The Effect of Calcium Hydroxide and Nano-calcium Hydroxide on Microhardness and Superficial Chemical Structure of Root Canal Dentin: An Ex Vivo Study. **Journal of endodontics**. v. 45, n. 9, p. 1148-1154, set. 2019.

PARADELLA, T. C. *et al.* *Enterococcus faecalis*: Clinical and microbiological considerations. **Rev Odontol UNESP**. v. 36, n. 2, p. 163-168, 2007.

PIÑÓN-SEGUNDO, E. *et al.* Nanoparticles as dental drug-delivery systems. **Nanobiomaterials in Clinical Dentistry (Second Edition)**. p. 567-593, 2019.

RAJESHWARI, H. R. *et al.* Local drug delivery systems in the management of periodontitis: A scientific review. **Journal of Controlled Release**. v. 307, p. 393-409, 2019.

RICUCCI, D. *et al.* Exuberant Biofilm infection in a lateral canal as the cause of short-term endodontic treatment failure: report of a case. **Journal of endodontics**. v. 39, n. 5, p. 712-718, mai. 2013.

SAKKO, M. *et al.* Microbiology of root canal infections. **Primary dental journal**. v. 5, n. 2, p. 84-89, mai. 2016.

SAMIEI, M. *et al.* Nanoparticles for antimicrobial purposes in Endodontics: A systematic review of in vitro studies. **Materials Science And Engineering**. v. 58, p. 1269-1278, jan. 2016.

SHRESTHA, A.; KISHEN, A. Antibacterial Nanoparticles in Endodontics: A Review. **Journal Of Endodontics**. v. 42, n. 10, p. 1417-1426, out. 2016.

SIQUEIRA JR, J. F. *et al.* Princípios biológicos do tratamento endodôntico de dentes com polpa necrosada e lesão perirradicular. **Revista Brasileira de Odontologia**. v. 69, n. 1, jan./jun. 2012.

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, nov. 2017.

SOARES, I. J.; GOLDBERG, F. Endodontia: técnica e fundamentos. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 524 p.

TORABINEJAD, M.; WALTON, R. E. Endodontia: princípios e práticas. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 474 p.

ZAFAR, M. S. *et al.* Nanotechnology and nanomaterials in dentistry. **Advanced Dental Biomaterials**. p. 477-505, 2019.

ZAND, V. *et al.* Comparison of the Penetration Depth of Conventional and Nano-Particle Calcium Hydroxide into Dentinal Tubules. **Iranian endodontic journal**. v. 12, n. 3, p. 366-370, 2017.