FACULDADE SETE LAGOAS - FACSETE

Pós Graduação em Dentística

Kaiza de Sousa Santos

IMPACTO DE ADITIVOS NANOESTRUTURADOS EM INFILTRANTES RESINOSOS NA MELHORIA DA ATIVIDADE ANTICÁRIE E PROPRIEDADES ÓPTICAS: UMA REVISÃO DE ESCOPO

Natal, 28 de outubro de 2025.

Kaiza de Sousa Santos

IMPACTO DE ADITIVOS NANOESTRUTURADOS EM INFILTRANTES RESINOSOS NA MELHORIA DA ATIVIDADE ANTICÁRIE E PROPRIEDADES ÓPTICAS: UMA REVISÃO DE ESCOPO

Trabalho de conclusão de curos apresentada ao curso de especialização Lato Sensu da Faculdade Sete Lagoas - FACSETE, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Dentística.

Orientadora: Profa. Dra. Paula Bernardon

Área de concentração: Odontologia

Natal, 28 de outubro de 2025.

Kaiza de Sousa Santos

IMPACTO DE ADITIVOS NANOESTRUTURADOS EM INFILTRANTES RESINOSOS NA MELHORIA DA ATIVIDADE ANTICÁRIE E PROPRIEDADES ÓPTICAS: UMA REVISÃO DE ESCOPO

Trabalho de conclusão de curos apresentada ao curso de especialização *Lato Sensu* da Faculdade Sete Lagoas - FACSETE, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Dentística.

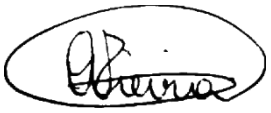
Área de concentração: Odontologia

Aprovada em 25/04/2025 pela banca constituída dos seguintes professores:

BANCA EXAMINADORA



Orientador: Profa. Dra Paula Bernardon – CPGO/FACSETE



Coorientador: Profa. Me. Gabriela de Oliveira Vieira – CPGO/FACSETE



Coordenador: Profa. Dra Paula Bernardon – CPGO/FACSETE

Natal, 28 de outubro de 2025.

FACSETE
Faculdade Sete Lagoas

Kaiza de Sousa Santos

IMPACTO DE ADITIVOS NANOESTRUTURADOS EM INFILTRANTES RESINOSOS NA MELHORIA DA ATIVIDADE ANTICÁRIE E PROPRIEDADES ÓPTICAS: UMA REVISÃO DE ESCOPO

IMPACT OF NANOSTRUCTURED ADDITIVES IN RESIN INFILTRANTS ON IMPROVING ANTICARIOGENIC ACTIVITY AND OPTICAL PROPERTIES: A SCOPING REVIEW

[1]Pós-graduanda em Prótese Dentária, Instituto de Odontologia das Américas.
[2]Doutora em Clínicas Odontológicas, Faculdade São Leopoldo Mandic.
E-mail do autor kaizasousasantos@gmail.com
E-mail do orientador paula.bernardon@yahoo.com.br

RESUMO

Introdução: A cárie dentária em estágios iniciais manifesta-se como lesões de mancha branca, passíveis de tratamento microinvasivo por meio de infiltrantes resinosos. Apesar da eficácia no selamento de lesões não cavitadas, os infiltrantes convencionais à base de resina líquida de baixa viscosidade não apresentam propriedades remineralizantes ou antimicrobianas. **Objetivos:** Avaliar o impacto da adição de nanopartículas (NPs) inorgânicas aos infiltrantes resinosos sobre sua atividade anticárie, propriedades ópticas, características de superfície e estabilidade após envelhecimento. **Metodologia:** Foi conduzida uma revisão de escopo, seguindo as diretrizes do Instituto *Joanna Briggs* e da extensão PRISMA. A busca foi realizada em oito bases de dados (PubMed, Scopus, *Web of Science*, Cochrane, Embase, SciELO e *Google Scholar*). Foram incluídos estudos originais com delineamento *in vitro* ou *ex vivo*, sem restrição de idioma ou ano, que investigaram infiltrantes modificados com nanopartículas em lesões não cavitadas. Foram avaliados 690 artigos, dos quais dez preencheram os critérios de inclusão. **Resultados:** As formulações analisadas incorporaram nanopartículas de fosfato de cálcio amorfo (NACP), hidroxiapatita (HAp), sílica (SiO_2), óxido de zinco (ZnO), óxido de magnésio (MgO), prata (Ag), fibras híbridas PLA–SiO_2 e SiO_2–CaP, além do monômero DMAHDM. A maioria dos estudos relatou maior resistência à desmineralização, aumento da microdureza, capacidade de liberação iônica e redução da atividade bacteriana. NACP e HAp favoreceram a remineralização, enquanto ZnO, MgO e DMAHDM apresentaram efeito antimicrobiano. Nenhuma modificação comprometeu propriedades ópticas. **Conclusão:** A adição de NPs bioativas e antimicrobianas a infiltrantes resinosos otimizou propriedades físicas e biológicas, ampliando seu potencial clínico no tratamento de lesões iniciais de cárie. Contudo, ensaios clínicos ainda são necessários para validar esses achados.

Palavras-chave: Infiltrantes resinosos; nanopartículas; cárie dentária; remineralização; materiais odontológicos.

ABSTRACT

Introduction: Early-stage dental caries present as white spot lesions and can be treated through microinvasive approaches using resin infiltrants. Despite their effectiveness in sealing non-cavitated lesions, conventional low-viscosity liquid resin-based infiltrants lack remineralizing and antimicrobial properties. **Objectives:** To evaluate the impact of incorporating inorganic nanoparticles (NPs) into resin infiltrants on their anticaries activity, optical properties, surface characteristics, and stability after aging. **Methodology:** A scoping review was conducted in accordance with the guidelines of the Joanna Briggs Institute and the PRISMA-ScR extension. The search was performed in eight databases (PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane, Embase, SciELO, and Google Scholar). Original studies with in vitro or ex vivo designs were included, without restrictions on language or year, focusing on the investigation of nanoparticle-modified infiltrants in non-cavitated lesions. A total of 690 articles were evaluated, of which ten met the inclusion criteria. **Results:** The formulations analyzed incorporated nanoparticles of amorphous calcium phosphate (NaCP), hydroxyapatite (HAp), silica (SiO_2), zinc oxide (ZnO), magnesium oxide (MgO), silver (Ag), and PLA–SiO_2 and SiO_2–CaP hybrid fibers, in addition to the DMAHDM monomer. Most studies reported greater resistance to demineralization, increased microhardness, ion release capacity, and reduced bacterial activity. NaCP and HAp favored remineralization, while ZnO, MgO, and DMAHDM showed antimicrobial effects. None of the modifications compromised optical properties. **Conclusion:** The incorporation of bioactive and antimicrobial NPs into resin infiltrants enhanced their physical and biological properties, increasing their clinical potential in the treatment of early-stage carious lesions. However, clinical trials are still required to validate these findings.

Keywords: Resin infiltrants; nanoparticles; dental caries; tooth remineralization; dental materials.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO 10

2.METODOLOGIA 11

2.1 Protocolo e registro 11

2.2 Critérios de elegibilidade 11

2.3 Fontes de informação 11

2.4 Estratégia de busca 12

2.5 Seleção de fontes de evidência 12

2.6 Processo de mapeamento dos dados 13

2.7 Banco de dados 13

2.8 Síntese dos resultados 13

3.RESULTADOS 14

3.1 Seleção dos estudos 14

3.2 Aditivos nanoestruturados investigados 14

3.3 Características dos estudos incluídos 15

3.4 Protocolo de modificação dos infiltrantes resinosos 16

3.5 Protocolo de aplicação dos infiltrantes resinosos convencionais e modificados por nanopartículas 16

3.6 Avaliação da atividade anticárie 17

3.7 Avaliação das propriedades ópticas 18

3.8 Avaliação das propriedades de superfície 18

3.9 Avaliação das propriedades ao longo do tempo 18

3.10 Síntese dos resultados 19

4.DISCUSSÃO.....19

5.CONCLUSÃO.....24

6.REFERÊNCIAS 24

1. INTRODUÇÃO

A cárie dentária permanece como uma das doenças crônicas mais prevalentes no mundo, afetando bilhões de indivíduos independentemente da faixa etária. Em sua fase inicial, a lesão de mancha branca caracteriza-se pela perda mineral subsuperficial do esmalte, sem cavitação, o que viabiliza estratégias terapêuticas minimamente invasivas com foco na preservação tecidual (Fejerskov et al., 2008; Philip, 2019).

Os infiltrantes resinosos, à base de monômeros de baixa viscosidade como o trietilenoglicol dimetacrilato (TEGDMA), representam uma dessas abordagens conservadoras. Esses materiais são capazes de penetrar nas microporosidades da lesão por ação capilar, promovendo o selamento da superfície desmineralizada, bloqueio da difusão ácida e estabilização mecânica do esmalte (Kielbassa et al., 2009; Peters et al., 2018). Contudo, a eficácia dos infiltrantes convencionais é limitada, especialmente em ambientes cariogênicos recorrentes, uma vez que esses materiais não apresentam propriedades remineralizantes ou antimicrobianas intrínsecas (Yim et al., 2014; Zakizade et al., 2020).

Assim, a incorporação de nanopartículas funcionais aos infiltrantes tem sido proposta com o intuito de aprimorar suas propriedades físico-químicas e biológicas. Nanopartículas de hidroxiapatita (HAp), fosfato de cálcio amorfo (NACP), sílica, óxidos metálicos (ZnO, MgO), bem como monômeros com ação antimicrobiana como o dimetilaminohexadecil metacrilato (DMAHDM), têm demonstrado resultados promissores em estudos *in vitro/ex vivo* ao conferir aos infiltrantes atividade remineralizante, antibacteriana e resistência à degradação hídrica (Xu et al., 2011; Andrade Neto et al., 2016; Souza et al., 2024; Khursheed et al., 2024).

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho de diferentes formulações de infiltrantes resinosos modificados com nanopartículas, comparando-as ao infiltrante convencional quanto à atividade anticárie, propriedades ópticas, características de superfície e estabilidade após envelhecimento artificial.

2. METODOLOGIA

2.1 Protocolo e registro

O protocolo deste estudo de síntese foi elaborado mediante as normativas do *Joana Briggs Intitute* para revisões de escopo (Peters et al., 2015), e nas especificações do manual PRISMA (Itens Preferenciais para Revisões Sistemáticas e Meta-Análises) com especificações ajustadas para revisões de escopo (Tricco et al., 2018).

A estruturação do estudo baseou-se no acrônimo PCC (População, Conceito e Contexto). P (População): lesões de cárie em estágio inicial não cavitadas; C (Conceito): o uso de infiltrantes resinosos modificados com nanopartículas inorgânicas; C (Contexto): avaliação de suas propriedades ópticas e atividade anticárie infiltrantes modificados, com foco na atividade anticárie. O estudo busca responder à seguinte questão de pesquisa: a adição de nanopartículas inorgânicas aos infiltrantes resinosos têm impacto significativo em suas propriedades ópticas e eficácia no combate à cárie?

2.2 Critérios de elegibilidade

Esta revisão de escopo incluiu estudos experimentais *in vitro/ex vivo* que investigaram a atividade anticárie e as propriedades ópticas, mecânicas e de superfície de infiltrantes resinosos modificados com nanopartículas inorgânicas. Foram excluídos estudos de síntese (revisões de literatura tradicionais, sistemáticas, integrativas ou de escopo), cartas ao editor, estudos-piloto, resumos de conferências, estudos retrospectivos, estudos de coorte, registros não publicados e trabalhos sem grupo controle. Não foram restritos estudos quanto ao idioma, ano de publicação, composição específica do material ou metodologia empregada, conferindo uma busca abrangente dos estudos disponíveis sobre a temática.

2.3 Fontes de informação

A estratégia de busca foi elaborada para identificar estudos publicados em bases de dados com ou sem indexação, para permitir a identificação da totalidade de evidências disponíveis sobre o tema. Aplicou-se a estratégia de busca formulada em

bases de dados indexadas, incluindo MEDLINE via PubMed, Web of Science, Scopus e EMBASE, utilizando termos de busca específicos. Foram selecionadas palavras-chaves e sinônimos com termos representativos para elaborar uma estratégia de busca abrangente. A pesquisa foi conduzida em janeiro de 2025, sem aplicação de filtros por idioma ou período de publicação. Um revisor calibrado, realizou as buscas de forma sistemática em todas as bases selecionadas. Adicionalmente, foram consultadas fontes de literatura cinzenta (Google Acadêmico), e realizada uma análise manual das referências bibliográficas dos estudos incluídos, com o objetivo de analisar a presença de publicações adicionais relevantes que não tivessem sido captadas pelas buscas eletrônicas iniciais.

2.4 Estratégia de busca

A estratégia de busca foi estabelecida com base na pergunta de pesquisa que foi expressa em termos significativos sobre a temática proposta, com isso, foi usando os seguintes termos de busca: "*Resin infiltration*", "*resinous infiltrant*", "*resinous infiltrants*", "*icon resin infiltrant*", "*Resin infiltrant*", "*Resin infiltrants*", "*Composite resins*", "*Composite materials*", "*Nanoparticles*", "*Nanoparticle*", "*Nanocrystalline Materials*", "*Material, Nanocrystalline*", "*Materials, Nanocrystalline*", "Nanocrystalline Material", "*Nanocrystals*", "*Nanocrystal*", "*Nanotechnology*", "*Dental Caries*", "*Dental Decay*", "*Dental Cavities*", "*Cavities, Dental*", "*Cavity, Dental*", "*Decay, Dental*", "*Carious Lesions*", "*Carious Lesion*", "*Lesion, Carious*", "*Lesions, Carious*", "*Caries, Dental*", "*Dental Cavity*", "*Dental White Spot*", "*Spot, Dental White*", "S*pots, Dental White*", "*Dental White Spots*", "*White Spot, Dental*", "*White Spots, Dental*", "*Carious Dentin*", "*Carious Dentins*", "*Dentin, Carious*", "*Dentins, Carious*", "*Caries*", "*Caries infiltration*", "*White spot lesions*", "*dental enamel*" (Tabela 1). A busca, conduzida em janeiro de 2025, para extrair estudos de maior relevância sobre o tema, estudos *in vitro* e estudos publicados sem restrição de idioma. A estratégia foi otimizada usando termos MeSH e palavras-chave significativas para conferir apropriadda recuperação abrangente de estudos que abordam as questões de pesquisa desta revisão.

2.5 Seleção de fontes de evidência

A seleção dos estudos foi realizada de forma independente e cega por dois revisores, utilizando a plataforma Rayyan (rayyan.qcri.org) para o gerenciamento sistemático do processo. Inicialmente, foram eliminadas as publicações duplicadas e excluídos os trabalhos que não atendiam aos critérios estabelecidos. A triagem preliminar foi feita com base na análise de títulos e resumos, sendo os artigos potencialmente elegíveis submetidos à leitura integral. Casos de discordância na seleção foram solucionados mediante consenso, com a participação de um terceiro revisor quando necessário.

2.6 Processo de mapeamento dos dados

As informações extraídas dos estudos, como autores, ano de publicação, Amostra (n=) / Grupos, Tipo de nanopartícula/composição [Concentrações/tamanho médio], protocolo de aplicação, Composição dos Infiltrantes resinosos e principais resultados da atividade anticárie, propriedades de superfície e propriedades ópticas, concluídos e verificados por ambos os autores quanto à precisão usando o *Microsoft Excel*™ 2019 (*Microsoft Corporation, Redmond, Washington*, EUA) (**Tabela 2**).

2.7 Banco de dados

Os bancos de dados foram cuidadosamente examinados, e as referências foram carregadas no *software Rayyan* por dois pesquisadores independentes, que também removeram duplicatas. Os estudos selecionados, identificados com base nos critérios de inclusão e exclusão, foram analisados na íntegra, e os resultados foram compilados e resumidos.

2.8 Síntese dos resultados

A abordagem de síntese narrativa, devido à inclusão de estudos in vitro que variam em metodologia e variáveis observadas, como propriedades de superfície (Rugosidade superficial, Microdureza superficial, Topografia e morfologia da superfície e Presença de microtrincas superficiais), atividade anticárie (biomassas do biofilme, metabolismo bacteriano e Capacidade de liberação iônica de Ca e P) e

propriedades ópticas. Os resultados foram organizados descritivamente e por meio de tabelas, buscando similaridades metodológicas e tendências nos efeitos nas variáveis analisadas mediante a inclusão de aditivos nanoestruturados em infiltrantes resinosos, visando resumir os dados. Diante da avaliação das características dos estudos e desfechos, os resultados foram agrupados com os principais objetivos desta revisão de escopo: efeitos dos aditivos nanoestruturados em infiltrantes resinosos em relação a atividade antimicrobiana, propriedades mecânicas e/ou de superfície e ópticas.

3. RESULTADOS

3.1 Seleção dos estudos

Um total de 971 artigos foram identificados por meio da busca eletrônica. Após a remoção de duplicatas, 879 artigos permaneceram para triagem de título e resumo, resultando em 8 artigos selecionados para análise de texto completo. Após essa análise, 7 artigos atenderam aos critérios de elegibilidade e foram incluídos na revisão. Todos os estudos incluídos foram publicados nos últimos 5 anos. Informações detalhadas sobre critérios de exclusão, artigos excluídos e estratégia de busca são fornecidas na **Figura 1**.

3.2 Aditivos nanoestruturados investigados

Os estudos incluídos investigaram os seguintes aditivos nanoestruturados incorporados a infiltrantes resinosos: NACP (nanopartículas de fosfato de cálcio amorfo), utilizadas por sua capacidade de liberação de íons cálcio e fosfato e efeito remineralizante (Xu et al., 2011; Dai et al., 2022). Nano-hidroxiapatita (HAp) – preparada por método hidrotermal e incorporada em 10% p/p para aumentar a resistência do esmalte e proteger contra desmineralização recorrente (Andrade Neto et al., 2016). DMAHDM (dimetilaminohexadecil metacrilato) – monômero antimicrobiano incorporado a 2,5% e 5% p/p, isolado ou combinado com NACP, para reduzir biomassa de biofilme e metabolismo bacteriano (Souza et al., 2024). Nanofibras híbridas (PLA-SiO_2 e SiO_2–CaP) – adicionadas ao infiltrante para melhorar propriedades mecânicas e potencial remineralizante (Obeid et al., 2022). Nanopartículas de ZnO e MgO – incorporadas a 2,5% e 5% p/p para reduzir

microinfiltração em lesões cariosas (Khursheed et al., 2024). prata (Ag) – adicionada a 5,5% p/p ao infiltrante para promover efeito antimicrobiano sem comprometer a penetração resinosa (Kielbassa et al., 2020). Sílica nanoparticulada (SiO_2) nas concentrações de 0,2% e 0,5% p/p, reduziu sorção e solubilidade e aumentou a densidade mineral do esmalte (ElEmbaby et al., 2024). Dois estudos investigaram a incorporação de materiais bioativos alternativos à base de vidro: um infiltrante híbrido vítreo experimental contendo ou não 1% de HAp (Nedeljkovic et al., 2022), e outro com hidroxiapatita ou vidro bioativo 58S associados a sal de ónium (DPI) (Mathias et al., 2023).

3.3 Características dos estudos incluídos

Dos onze estudos incluídos, dez foram conduzidos in vitro e um foi classificado como ex vivo, utilizando dentes humanos extraídos com lesões naturais para simular infiltração em cáries proximais envolvendo dentina (Kielbassa et al., 2020). Os estudos foram realizados em diferentes países: Brasil (Souza et al., 2024; Andrade Neto et al., 2016; Obeid et al., 2022; Mathias et al., 2023), China (Dai et al., 2022), Egito (ElEmbaby et al., 2024), Índia (Vinay Kumar Reddy et al., 2020), Áustria (Kielbassa et al., 2020) e Irã (Khursheed et al., 2024), EUA (Xu et al., 2011) e Holanda/Suíça/Polônia (Nedeljkovic et al., 2022). Os materiais testados incluíram principalmente o infiltrante comercial Icon® (DMG, Alemanha), usado como controle ou base para adições experimentais. Os modificadores adicionados foram nanopartículas (NACP, HAp, ZnO, MgO, Ag, SiO_2), monômeros antimicrobianos (DMAHDM) e nanofibras híbridas (PLA-SiO_2, SiO_2–CaP), além de materiais híbridos vítreos orgânico-inorgânicos com e sem adição de HAp.

Os principais desfechos avaliados. Grau de conversão (GC%), analisado por Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) para verificar o nível de polimerização dos infiltrantes modificados (Souza et al., 2024; Andrade Neto et al., 2016; Obeid et al., 2022; Mathias et al., 2023). A Solução e sorção, avaliadas pela variação de massa após armazenamento em água, refletindo estabilidade do material (ElEmbaby et al., 2024; Souza et al., 2024; Mathias et al., 2023). Microdureza: medida por teste de Vickers, indicando resistência mecânica e efeito remineralizante (Dai et al., 2022; Vinay Kumar Reddy et al., 2020; Nedeljkovic et al., 2022). A atividade

antimicrobiana, ensaios com Streptococcus mutans para quantificação de biomassa e metabolismo do biofilme (Souza et al., 2024; Obeid et al., 2022). A liberação de íons cálcio e fosfato (Ca/P), avaliada por espectrometria ou testes de imersão em pH ácido para simular ambiente cariogênico (Xu et al., 2011; Dai et al., 2022). A Penetração do infiltrante (profundidade ou morfologia dos tags): analisada por microscopia eletrônica de varredura (MEV), penetração de tags de resina (MEV, CLSM) ou Microtomografia (micro-CT) (ElEmbaby et al., 2024; Kielbassa et al., 2020; Nedeljkovic et al., 2022). A Microinfiltração, medida pela penetração de corante (azul de metileno) após ciclagem térmica para avaliar selamento marginal (Khursheed et al., 2024). O detalhamento das características dos estudos incluídos foram compilados na **Tabela 2**.

3.4 Protocolo de modificação dos infiltrantes resinosos

Foram obtidos infiltrantes experimentais a partir da matriz resinosa convencional baseada em TEGDMA (Icon®, DMG, Alemanha), com adição de diferentes tipos de nanopartículas bioativas e/ou antimicrobianas. As nanopartículas incorporadas incluíram nanopartículas de hidroxiapatita (HAp) sintetizadas por método hidrotérmico (HAp-2h e HAp-5h), nanopartículas de fosfato de cálcio amorfo (NACP), nanopartículas de sílica (SiO_2), fibras híbridas orgânico-inorgânicas (PLA-SiO_2 e SiO_2-CaP), óxidos metálicos (ZnO, MgO), e monômeros com atividade antimicrobiana como o dimetilaminohexadecil metacrilato (DMAHDM) (Andrade Neto et al., 2016; Xu et al., 2011; ElEmbaby et al., 2024; Obeid et al., 2022; Khursheed et al., 2024; Souza et al., 2024). A concentração das nanopartículas variou de 2% a 30% em massa. A caracterização físico-química das nanopartículas e das formulações demonstrou boa dispersão, ausência de aglomeração significativa e estabilidade adequada para uso clínico (Dai et al., 2022; Andrade Neto et al., 2016). Mathias et al. (2023) utilizaram uma matriz de TEGDMA/Bis-EMA combinada com 10% de HAp ou vidro bioativo 58S, e adicionaram 0,5 mol% de DPI para otimizar o grau conversão e reduzir a viscosidade. Nedeljkovic et al. (2022) desenvolveram um infiltrante híbrido vítreo transparente por processo sol-gel, com ou sem 1% de HAp, autopolimerizável e pré-aquecidos a 37 °C.

3.5 Protocolo de aplicação dos infiltrantes resinosos convencionais e

modificados por nanopartículas

A maioria dos estudos avaliados seguiu um protocolo semelhante de aplicação dos infiltrantes resinosos convencionais (Icon®, DMG, Alemanha), tanto para grupo controle e experimental, com variações pontuais nos tempos e reagentes utilizados. Em geral, o condicionamento do substrato foi realizado com ácido clorídrico a 15% por 2 minutos, seguido de lavagem com água, secagem, aplicação de etanol por 30 segundos e nova secagem, culminando na aplicação do infiltrante por 1 a 3 minutos e fotopolimerização por 40 segundos (Andrade Neto et al., 2016; Dai et al., 2022; Obeid et al., 2022; ElEmbaby et al., 2024). Algumas adaptações foram observadas, como a reaplicação do infiltrante com fotopolimerizações intermediárias (ElEmbaby et al., 2024), agitação das formulações experimentais com ZnO e MgO em amalgamador antes da aplicação (Khursheed et al., 2024) e uso de etanol a 99% com secagens prolongadas (Kielbassa et al., 2020). Nedeljkovic et al. (2022) utilizaram ácido ortofosfórico a 37% por 5 segundos, seguido de duas aplicações do infiltrante com pré-aquecimento dos espécimes a 37 °C no grupo experimental, fotopolimerizadas por 40 segundos cada. Por outro lado, os estudos de Xu et al. (2011), Souza et al. (2024) e Mathias et al. (2023) não descreveram os detalhes do protocolo empregado.

3.6 Avaliação da atividade anticárie

A adição de HAp em forma de nanobastões (HAp-2h e HAp-5h) resultou em aumento significativo da resistência do esmalte infiltrado à desmineralização, com maiores valores de microdureza Knoop após ciclos de pH, comparado ao infiltrante controle (Andrade Neto et al., 2016). Similarmente, infiltrantes com NACP (30% m/m) liberaram íons cálcio e fosfato de forma prolongada por até 14 dias, promovendo remineralização efetiva e aumento da dureza em profundidade (Dai et al., 2022). A incorporação de fibras SiO_2-CaP e PLA-SiO_2 também resultou em menor perda de dureza e maior recuperação, reforçando o efeito protetor contra desafios ácido-desmineralizantes (Obeid et al., 2022). O infiltrante híbrido vítreo sem HAp demonstrou ser capaz de impedir completamente a progressão das lesões de mancha branca, aumentando a microdureza após desafio ácido e mantendo a superfície intacta (Nedeljkovic et al., 2022). Em contraste, a adição de 1% de HAp resultou em desmineralização significativa e aumento da rugosidade, atribuídos à dissolução das nanopartículas em ambiente ácido. Já Mathias et al. (2023) observaram que a adição

de vidro bioativo 58S não promoveu formação de camada apatítica nem bioatividade após imersão em fluido corpóreo simulado.

3.7 Avaliação das propriedades ópticas

A adição de nanopartículas não compromete a translucidez ou a capacidade de mascaramento de manchas brancas. O infiltrante ICON® (DMG, Alemanha) com 30% de NACP apresentou maior alteração de cor ΔE, indicando um efeito estético mais pronunciado (Dai et al., 2022).

3.8 Avaliação das propriedades de superfície

A modificação com DMAHDM e NACP aumentou significativamente o ângulo de contato (hidrofobicidade), com valores médios superiores a 85°, em comparação com o infiltrante controle (Souza et al., 2024). Os testes de sorção e solubilidade indicaram que a adição de sílica nanoparticulada (0,5% m/m) reduziu drasticamente a absorção de água (12,32 μg/mm³) e solubilidade (0,81 μg/mm³) após 60 dias de imersão (ElEmbaby et al., 2024). Além disso, os infiltrantes com fibras híbridas apresentaram melhores características mecânicas e maior resistência ao desafio ácido, preservando o conteúdo mineral e aumentando a proporção Ca/P no esmalte (Obeid et al., 2022). A formulação híbrida vítrea sem HAp manteve a integridade superficial após ciclagem de pH, sem perda de estrutura ou aumento de rugosidade, ao contrário do Icon® (DMG, Alemanha), que apresentou superfície danificada (Nedeljkovic et al., 2022). No estudo de Mathias et al. (2023), a adição de HAp aumentou a viscosidade, o que pode limitar a penetração do infiltrante; a inclusão de DPI atenuou esse efeito e melhorou a taxa de polimerização, especialmente nos grupos com BAG.

3.9 Avaliação das propriedades ao longo do tempo

Após Após o envelhecimento artificial (5000 ciclos térmicos), observou-se que as formulações com 2,5% e 5% de ZnO ou MgO reduziram significativamente a microinfiltração em lesões artificiais, com escore médio de penetração de corante inferior a 1 em 88,89% dos espécimes (Khursheed et al., 2024). Os infiltrantes com Ag, testados em um modelo de infiltração interna/externa em lesões proximais

avançadas, mostraram penetração equivalente ao grupo controle e potencial efeito antimicrobiano (Kielbassa et al., 2020). O grau de conversão (GC) dos grupos com DMAHDM (2,5% e 5%) foi semelhante ao infiltrante controle, mantendo níveis adequados de polimerização (Souza et al., 2024). No entanto, formulações com NACP em concentrações superiores a 5% apresentaram discreta redução no grau de conversão (Dai et al., 2022).

3.10 Síntese dos resultados

Os resultados demonstram que a modificação dos infiltrantes resinosos com nanopartículas (bioativas e antimicrobianas) é eficaz na melhoria da atividade anticárie, estabilidade óptica, e desempenho mecânico e biológico. A adição de NACP, HAp e sílica promoveu aumento da remineralização e da dureza do esmalte. Já as formulações com DMAHDM e óxidos metálicos demonstraram efeito antibacteriano e menor microinfiltração, com potencial clínico promissor.

4. DISCUSSÃO

Esta revisão de escopo buscou sistematizar o conhecimento atual sobre a modificação de infiltrantes resinosos com nanopartículas inorgânicas para controle da progressão de lesões de cárie não cavitadas. A aplicação clínica desses materiais representa um avanço nas abordagens microinvasivas, ao incorporar propriedades remineralizantes e antimicrobianas sem prejuízo à função de infiltração.

A hidroxiapatita (HAp) (Neto et al., 2016; Mathias et al., 2023; Nedeljkovic et al., 2022) e o Fosfato de cálcio amorfo (NACP) (Dai et al., 2022; Souza et al., 2024) foram os principais agentes estudados. A HAp, pela sua bioatividade e biocompatibilidade, mantém a capacidade de penetração e pode aumentar o grau de conversão (GC) e a resistência ácida (Neto et al., 2016; Mathias et al., 2023). Já o NACP libera íons Ca^{2+} e PO_4^{3-} de forma sustentada, promovendo remineralização e inibição de cáries secundárias (Ma et al., 2017; Fan et al., 2021). Sua liberação é intensificada em pH ácido, sugerindo efeito protetor prolongado em ambientes cariogênicos (Liang et al., 2019).

A liberação iônica de resinas contendo NACP ocorre por dissolução superficial das partículas e, posteriormente, pela difusão de água no material, que promove a liberação de íons Ca^{2+} e PO_4^{3-} a partir de partículas internas, processo diretamente influenciado pela hidrofilicidade do monômero (Tao et al., 2020). O TEGDMA, principal componente do infiltrante ICON (DMG, Alemanha), apresenta alta sorção hídrica, favorecendo penetração de água e maior liberação iônica (Sfalcin et al., 2017). Essa liberação é intensificada em pH 4, caracterizando resposta funcional ao desafio ácido e potencial remineralizante em ambientes cariogênicos (Liang et al., 2019).

A bioatividade do vidro bioativo (BAG) está relacionada à sua elevada solubilidade, que promove a liberação de íons Ca^{2+}, PO_4^{3-} e Si^{4+}, levando à formação de uma camada rica em sílica que serve como sítio de nucleação para a cristalização de hidroxiapatita (Fallahzadeh et al., 2022; Kim; Mo; Kim, 2021). Inicialmente produzido por têmpera de fusão, o BAG apresentava partículas grandes e difícil incorporação em materiais restauradores; o método sol-gel superou essa limitação, reduzindo o tamanho das partículas e aumentando sua área superficial, porosidade e reatividade (Kim; Mo; Kim, 2021; Lukowiak et al., 2013).

Embora não tenha havido diferença na dureza superficial, o ICON associado a 30% de NACP promoveu maior recuperação da dureza em profundidade, com restabelecimento completo a 200 µm (Dai et al., 2022). Esse efeito está relacionado à liberação de íons Ca^{2+} e PO_4^{3-}, que neutralizam o pH e se incorporam aos cristais de esmalte, favorecendo a remineralização (Moreau et al., 2011; Bertolo et al., 2021). Diferentemente de estudos anteriores, os modelos incluídos nesta revisão utilizaram ciclagem de pH, simulando melhor as condições bucais e explicando a ausência de desmineralização significativa no grupo controle (Torres et al., 2012; Neres et al., 2017; Dai et al., 2022).

O coeficiente de partição em água (log P) explica a maior sorção hídrica do Icon, devido à alta concentração de TEGDMA (log P = 1,42) em comparação ao BisEMA (log P = 6,01), sendo valores menores associados a maior hidrofobicidade (Gajewski et al., 2012; Mathias et al., 2023). A sorção de água também depende do grau de conversão (GC) e da estrutura da rede polimérica, embora um GC baixo não represente necessariamente elevada quantidade de monômeros residuais, podendo

refletir ligações pendentes ou oligômeros não extraídos (Par et al., 2018; Mathias et al., 2023).

Um maior GC implica menor quantidade de monômeros residuais, resultando em melhores propriedades mecânicas, maior estabilidade de cor e menor citotoxicidade (Par et al., 2020). A adição de NACP, em concentrações entre 2% e 30%, pode afetar a fotopolimerização pelo espalhamento de luz (Dai et al., 2022; Souza et al., 2024). Enquanto Souza et al. (2024) observaram queda no GC mesmo com 2% de NACP, em outro estudo até 30% não prejudicou a conversão, provavelmente devido ao uso de partículas não silanizadas, que atuam como cargas inertes e permitem maior mobilidade molecular, favorecendo a formação de ligações cruzadas (Par et al., 2016; Dai et al., 2022).

A presença de HAp aumentou o GC em 40 s em comparação ao BAG (Mathias et al., 2023). Esse efeito pode estar associado à maior cristalinidade da HAp, que reduz a difração e o espalhamento de luz, favorecendo a polimerização (Neto et al., 2016; Mathias et al., 2023). Já os menores valores de GC para o BAG podem ser atribuídos à inibição da polimerização por transferência de elétrons entre radicais livres e óxidos em sua superfície, especialmente quando as partículas não são silanizadas, impedindo a continuidade da reação em temperatura ambiente (Par et al., 2018).

O efeito antimicrobiano dos vidros bioativos ocorre pela liberação de íons que elevam o pH da interface, tornando-a desfavorável para diversas espécies bacterianas (Abbasi et al., 2016). Entretanto, a incorporação de apenas 10% de BAG em infiltrantes pode não ser suficiente para demonstrar bioatividade por XDR e FT-IR, como observado também em adesivos experimentais, nos quais apenas a concentração de 20% promoveu esse efeito (Tauböck et al., 2016). Apesar disso, recomenda-se não ultrapassar 15% em peso de partículas em infiltrantes, a fim de preservar sua capacidade de penetração (Van Landuyt et al., 2007). Além disso, deve-se considerar que muitos estudos de BAG avaliaram enxertos ou *scaffolds*, condições distintas da incorporação em matrizes monoméricas (Abbasi et al., 2015). No presente estudo, a ausência de bioatividade pode estar relacionada tanto à retenção de partículas não silanizadas na matriz resinosa quanto à baixa exposição superficial, já

que as imagens de MEV revelaram poucas partículas de BAG expostas (Mathias et al., 2023).

Problemas estéticos são uma das principais queixas associadas às lesões de mancha branca, cuja aparência esbranquiçada resulta da alteração no índice de refração (IR) do esmalte desmineralizado (Akin; Basciftci, 2012). A infiltração de resina melhora a estética ao restabelecer um IR semelhante ao do esmalte hígido (Bendary et al., 2020), razão pela qual modificações no infiltrante não devem comprometer suas propriedades ópticas. Nesta revisão, observou-se nos estudos que a alteração de cor foi avaliada por espectrofotômetro colorímetro, método mais preciso e reprodutível (Hua et al., 2020), baseado no sistema CIE L*a*b* (Pérez et al., 2020; Pecho et al., 2016). Evidências indicam que a adição de 30% de NACP não afeta as propriedades ópticas (Dai et al., 2022), assim como a incorporação de sílica nanoparticulada (ElEmbaby et al., 2024).

A avaliação das propriedades ao longo do tempo também foi satisfatória. A estabilidade dimensional dos infiltrantes modificados, após 5000 ciclos térmicos, e a redução significativa na microinfiltração em grupos com ZnO e MgO reforçam o potencial dessas modificações em cenários clínicos simulados (Khursheed et al., 2024). Já a introdução de nanopartículas de prata (AgNP), mesmo sem alteração significativa na profundidade de penetração, pode agregar efeito antimicrobiano útil em casos de lesões proximais avançadas (Kielbassa et al., 2020).

As nanofibras de PLA preenchidas com fosfato de cálcio incorporado a uma rede de sílica (PLA-SiO_2-CaP) têm sido utilizadas como materiais de enchimento em infiltrantes de resina. A adição de CaP aumenta a dureza da superfície, o grau de conversão e libera íons de cálcio e fosfato, que podem promover a remineralização sob condições ácidas. No entanto, isso também aumenta a sorção de água e a solubilidade em comparação com outros materiais de enchimento, como hidroxiapatita (HAP) ou vidro bioativo (BAG). Nanofibras híbridas inorgânicas-orgânicas com sílica (SiO2) ou sílica dopada com cálcio (SiO2–CaP) demonstraram benefícios de bioatividade em estudos *in vitro*, contribuindo para melhorar o desempenho mecânico e biológico (Obeid et al., 2022).

O DMAHDM é um monômero de amônio quaternário de cadeia longa, covalentemente ligado à matriz polimérica, prevenindo lixiviação e garantindo

atividade antibacteriana duradoura (Souza et al., 2024). Infiltrantes com até 5% de DMAHDM mantêm biocompatibilidade e propriedades mecânicas, reduzindo biofilme, produção de ácido e colonização por *Streptococcus mutans*, especialmente em pH ácido típico de ambientes cariogênicos (~5) (Huang et al., 2022). Quando associado a NACP, combina efeito antibacteriano e liberação de íons remineralizantes, ampliando as funcionalidades terapêuticas do infiltrante (Souza et al., 2024).

A incorporação de nanopartículas de ZnO, MgO e Ag em infiltrantes resinosos é uma estratégia promissora para aumentar longevidade e eficácia terapêutica (Khursheed et al., 2024; Kielbassa et al., 2020). O ZnO e o MgO reduzem biofilme e inibem colonização bacteriana, embora altas concentrações possam aumentar a viscosidade da resina (Brandão et al., 2018; Moradpoor et al., 2021; Sharifian et al., 2023). As AgNPs liberam íons Ag^{+} de forma sustentada, proporcionando ação antibacteriana ampla e prolongada contra patógenos orais, incluindo *Streptococcus mutans* (Yin et al., 2020).

Nanopartículas de MgO em concentrações de 2,5% e 5% mantêm a eficácia seladora dos infiltrantes resinosos e não comprometem significativamente o grau de conversão ou a resistência à flexão. No entanto, concentrações mais altas podem aumentar ligeiramente a viscosidade da resina, o que pode reduzir marginalmente a eficiência da infiltração. A sorção e a solubilidade em água tendem a aumentar ligeiramente, mas permanecem dentro dos limites clínicos aceitáveis (Khursheed et al., 2024; Sharifian et al., 2023).

A nanossílica (SiO_2) atua como enchimento inorgânico, reforçando a rede polimérica e melhorando resistência mecânica, durabilidade e estabilidade hidrolítica dos infiltrantes. Também favorece a infiltração no esmalte desmineralizado, aumentando vedação contra ácidos e bactérias. É biocompatível, de baixa toxicidade e custo acessível. Sua adição melhora dureza, rugosidade e resistência de ligação, com impacto mínimo e clinicamente aceitável na translucidez e viscosidade (ElEmbaby et al., 2024; Garcia et al., 2024).

Infiltrantes modificados com agentes bioativos ou antimicrobianos apresentam limitações relacionadas à concentração, dispersão e compatibilidade com a matriz. Nanossílica, ZnO e MgO podem comprometer adesão ou selamento em altas concentrações (ElEmbaby et al., 2024; Khursheed et al., 2024), enquanto AgNPs e

DMAHDM podem afetar citotoxicidade, polimerização e desempenho mecânico (Ali et al., 2023; Souza et al., 2024; Su et al., 2025). Compósitos como PLA-SiO_2-CaP, NACP e HAp enfrentam desafios de processamento ou adesão variável (Zhu et al., 2023; Xu et al., 2011; Lara-Ochoa et al., 2021). Apesar disso, infiltrantes modificados permanecem uma estratégia microinvasiva promissora, desde que nanopartículas e concentrações sejam criteriosamente selecionadas.

5. CONCLUSÃO

A modificação de infiltrantes resinosos com nanopartículas melhorou sua eficácia anticárie, propriedades mecânicas, estabilidade superficial e potencial antimicrobiano. Nanopartículas como hidroxiapatita, NACP, sílica e óxidos metálicos demonstraram efeito positivo na resistência à desmineralização e na integridade do esmalte infiltrado, sem comprometer a estética. Essas evidências reforçam o potencial clínico dos infiltrantes modificados como alternativa avançada no tratamento minimamente invasivo de lesões de cárie iniciais e não cavitadas. No entanto, estudos clínicos de longo prazo ainda são necessários para confirmar sua longevidade e segurança.

6. REFERÊNCIAS

ABBASI, Z. et al. Bioactive glasses in dentistry: a review. **Journal of Dental Biomaterials**, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2015.

ABBASI, Z. et al. Characterization of the bioactive and mechanical behavior of dental ceramic/sol–gel derived bioactive glass mixtures. **journal of the mechanical behavior of biomedical materials**, v. 54, p. 115-122, 2016.

AKIN, M.; BASCIFTCI, F. A. Can white spot lesions be treated effectively?. **The Angle Orthodontist**, v. 82, n. 5, p. 770-775, 2012.

ALI, A. et al. Synthesis and characterization of silica, silver-silica, and zinc oxide-silica nanoparticles for evaluation of blood biochemistry, oxidative stress, and hepatotoxicity in albino rats. **ACS omega**, v. 8, n. 23, p. 20900-20911, 2023.

ANDRADE NETO, D. M. et al. Novel hydroxyapatite nanorods improve anti-caries efficacy of enamel infiltrants. **Dental Materials**, v. 32, n. 6, p. 784–793, 2016.

BENDARY, I. M. et al. Wollastonite as filler of an experimental dental adhesive. **Journal of Dentistry**, v. 102, p. 103472, 2020.

BERTOLO, M. V. L. et al. Electric current effects on bond strength, nanoleakage, degree of conversion and dentinal infiltration of adhesive systems. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v. 119, p. 104529, 2021.

BRANDÃO, N. L. et al. Model resin composites incorporating ZnO-NP: Activity against S. mutans and physicochemical properties characterization. **Journal of Applied Oral Science**, v. 26, p. e20170270, 2018.

DAI, Z. et al. Novel nanostructured resin infiltrant containing calcium phosphate nanoparticles to prevent enamel white spot lesions. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v. 126, p. 104990, 2022.

ELÉMBABY, A. E. et al. Impact of silica nanoparticles incorporation on the properties of resin infiltration: an in vitro study. **BMC Oral Health**, v. 24, p. 1484, 2024.

ELEMBABY, A. E.; NASSAR, A. E.; ELAWSYA, M. E. Impact of silica nanoparticles incorporation on the properties of resin infiltration: an in vitro study. **BMC Oral Health**, v. 24, n. 1, p. 1484, 2024.

FALLAHZADEH, F. et al. Efficacy of a Novel Bioactive Glass-Polymer Composite for Enamel Remineralization following Erosive Challenge. **International Journal of Dentistry**, v. 2022, n. 1, p. 6539671, 2022.

FAN, M. et al. Remineralization effectiveness of adhesive containing amorphous calcium phosphate nanoparticles on artificial initial enamel caries in a biofilm-challenged environment. **Clinical Oral Investigations**, v. 25, n. 9, p. 5375-5390, 2021.

FLOR-RIBEIRO, A. et al. Effect of filler content and light-curing unit on degree of conversion and mechanical properties of resin cements. **Brazilian Dental Journal**, v.

30, n. 1, p. 20–27, 2019.

GAJEWSKI, V. E. S. et al. Monomers used in resin composites: degree of conversion, mechanical properties and water sorption/solubility. **Brazilian dental journal**, v. 23, p. 508-514, 2012.

GAO, Y. et al. Enamel remineralization via poly (amido amine) and adhesive resin containing calcium phosphate nanoparticles. **Journal of dentistry**, v. 92, p. 103262, 2020.

GARCIA, I. M. et al. Ionic liquid-based silane for SiO2 nanoparticles: a versatile coupling agent for dental resins. **ACS Applied Materials & Interfaces**, v. 16, n. 26, p. 34057-34068, 2024.

HUA, F. et al. In vitro remineralization of enamel white spot lesions with a carrier-based amorphous calcium phosphate delivery system. **Clinical Oral Investigations**, v. 24, p. 2079-2089, 2020.

HUANG, X. et al. Novel dental resin infiltrant containing smart monomer dodecylmethylaminoethyl methacrylate. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 12, p. 1063143, 2022.

HYUN, H.K.; SALEHI, S.; FERRACANE, J. L. Biofilm formation affects surface properties of novel bioactive glass-containing composites. **Dental Materials**, v. 31, n. 12, p. 1599-1608, 2015.

KHURSHEED, D. A. et al. Microleakage assessment of modified resin infiltration with zinc oxide (ZnO) and magnesium oxide (MgO) nanoparticles on artificial enamel caries lesion: an in vitro study. **Cureus**, v. 16, n. 8, 2024.

KHURSHEED, D. A.; RAUF, A. M.; ISMAIL, H. M. Microleakage assessment of modified resin infiltration with zinc oxide (ZnO) and magnesium oxide (MgO) nanoparticles on artificial enamel caries lesion: An in vitro study. *Cureus*, v. 16, n. 8, p. e66617, 2024.

KIELBASSA, A. M. et al. Ex vivo investigation on internal tunnel approach/internal

resin infiltration and external nanosilver-modified resin infiltration of proximal caries exceeding into dentin. **PLOS ONE**, v. 15, n. 1, p. e0228249, 2020.

KIM, H. J.; MO, S.Y.; KIM, D.S. Effect of bioactive glass-containing light-curing varnish on enamel remineralization. **Materials**, v. 14, n. 13, p. 3745, 2021.

LARA-OCHOA, S.; ORTEGA-LARA, W.; GUERRERO-BELTRÁN, C. E. Hydroxyapatite nanoparticles in drug delivery: Physicochemistry and applications. **Pharmaceutics**, v. 13, n. 10, p. 1642, 2021.

LIANG, K. et al. Poly (amido amine) and rechargeable adhesive containing calcium phosphate nanoparticles for long-term dentin remineralization. **Journal of dentistry**, v. 85, p. 47-56, 2019.

LUKOWIAK, A. et al. Bioactive glass nanoparticles obtained through sol–gel chemistry. **Chemical Communications**, v. 49, n. 59, p. 6620-6622, 2013.

MA, Y. et al. Novel multifunctional dental cement to prevent enamel demineralization near orthodontic brackets. **Journal of Dentistry**, v. 64, p. 58-67, 2017.

MORADPOOR, H. et al. An overview of recent progress in dental applications of zinc oxide nanoparticles. **RSC advances**, v. 11, n. 34, p. 21189-21206, 2021.

MOREAU, J. L. et al. Mechanical and acid neutralizing properties and bacteria inhibition of amorphous calcium phosphate dental nanocomposite. **Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials**, v. 98, n. 1, p. 80-88, 2011.

NERES, É. Y. et al. Microhardness and roughness of infiltrated white spot lesions submitted to different challenges. **Operative Dentistry**, v. 42, n. 4, p. 428-435, 2017.

NETO, D.M. A. et al. Novel hydroxyapatite nanorods improve anti-caries efficacy of enamel infiltrants. **Dental Materials**, v. 32, n. 6, p. 784-793, 2016.

OBEID, A. T. et al. Effects of hybrid inorganic-organic nanofibers on the properties of enamel resin infiltrants: an in vitro study. **Journal of the Mechanical Behavior of**

Biomedical Materials, v. 126, p. 105067, 2022.

PAR, M. et al. Degree of conversion of experimental composite materials containing bioactive glass and calcium phosphate fillers. **Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica**, v. 2, n. 1, p. 20–27, 2016.

PAR, M. et al. Monomer conversion and cytotoxicity of experimental composite materials containing bioactive glass and calcium phosphate fillers. **Journal of Dentistry**, v. 98, 103345, 2020.

PAR, M. et al. Polymerization kinetics of experimental bioactive composites containing bioactive glass. **Journal of dentistry**, v. 76, p. 83-88, 2018.

PECHO, O. E. et al. Visual and instrumental shade matching using CIELAB and CIEDE2000 color difference formulas. **Dental materials**, v. 32, n. 1, p. 82-92, 2016.

PÉREZ, M. M, et al. Study of the variation between CIELAB ΔE* and CIEDE2000 color-differences of resin composites. **Dental Materials Journal**, v. 26, n. 1, p. 21-28, 2007.

SFALCIN, R. A. et al. Influence of bioactive particles on the chemical-mechanical properties of experimental enamel resin infiltrants. **Clinical Oral Investigations**, v. 21, p. 2143-2151, 2017.

SHARIFIAN, S. et al. Application of magnesium oxide nanoparticles in dentistry: a literature review. **European Journal of General Dentistry**, v. 12, n. 01, p. 001-006, 2023.

SOUZA, A. F. et al. Resin infiltrant with antibacterial activity: effects of incorporation of DMAHDM monomer and NACP on physical and antimicrobial properties. **Journal of Applied Oral Science**, v. 32, p. e20240263, 2024.

SU, C. et al. DMAHDM@ MPC nanoparticles in orthodontic adhesive inhibit cariogenic bacteria and sugar metabolism to prevent enamel demineralization. **Materials Today Bio**, p. 101969, 2025.

SUBRAMANI, K. et al. Enamel remineralization potential of bioactive glass air abrasion studied via elemental and surface morphology analysis. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, v. 15, n. 10, p. e835, 2023.

TAO, S. et al. Nano-calcium phosphate and dimethylaminohexadecyl methacrylate adhesive for dentin remineralization in a biofilm-challenged environment. **Dental Materials**, v. 36, n. 10, p. e316-e328, 2020.

TAUBÖCK, Tobias T. et al. Functionalizing a dentin bonding resin to become bioactive. **Dental Materials**, v. 30, n. 8, p. 868-875, 2014.

TORRES, C. R. G. et al. Effect of caries infiltration technique and fluoride therapy on microhardness of enamel carious lesions. **Operative dentistry**, v. 37, n. 4, p. 363-369, 2012.

VAN LANDUYT, K. L. et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. **Biomaterials**, v. 28, n. 26, p. 3757-3785, 2007.

WEIR, M. D.; CHOW, L. C.; XU, H. H. K. Remineralization of demineralized enamel via calcium phosphate nanocomposite. **Journal of dental research**, v. 91, n. 10, p. 979-984, 2012.

XU, H. H. K. et al. Nanocomposite containing amorphous calcium phosphate nanoparticles for caries inhibition. **Dental Materials**, v. 27, n. 8, p. 762–769, 2011.

YIN, IX et al. The antibacterial mechanism of silver nanoparticles and its application in dentistry. **International journal of nanomedicine**, p. 2555-2562, 2020.

ZHOU, W. et al. Novel nanocomposite inhibiting caries at the enamel restoration margins in an in vitro saliva-derived biofilm secondary caries model. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 17, p. 6369, 2020.

ZHU, Y. et al. Regulation of polylactic acid using irradiation and preparation of PLA–SiO 2–ZnO melt-blown nonwovens for antibacterial and air filtration. **RSC advances**, v. 13, n. 12, p. 7857-7866, 2023.

Figura 1. Fluxograma do processo de seleção.

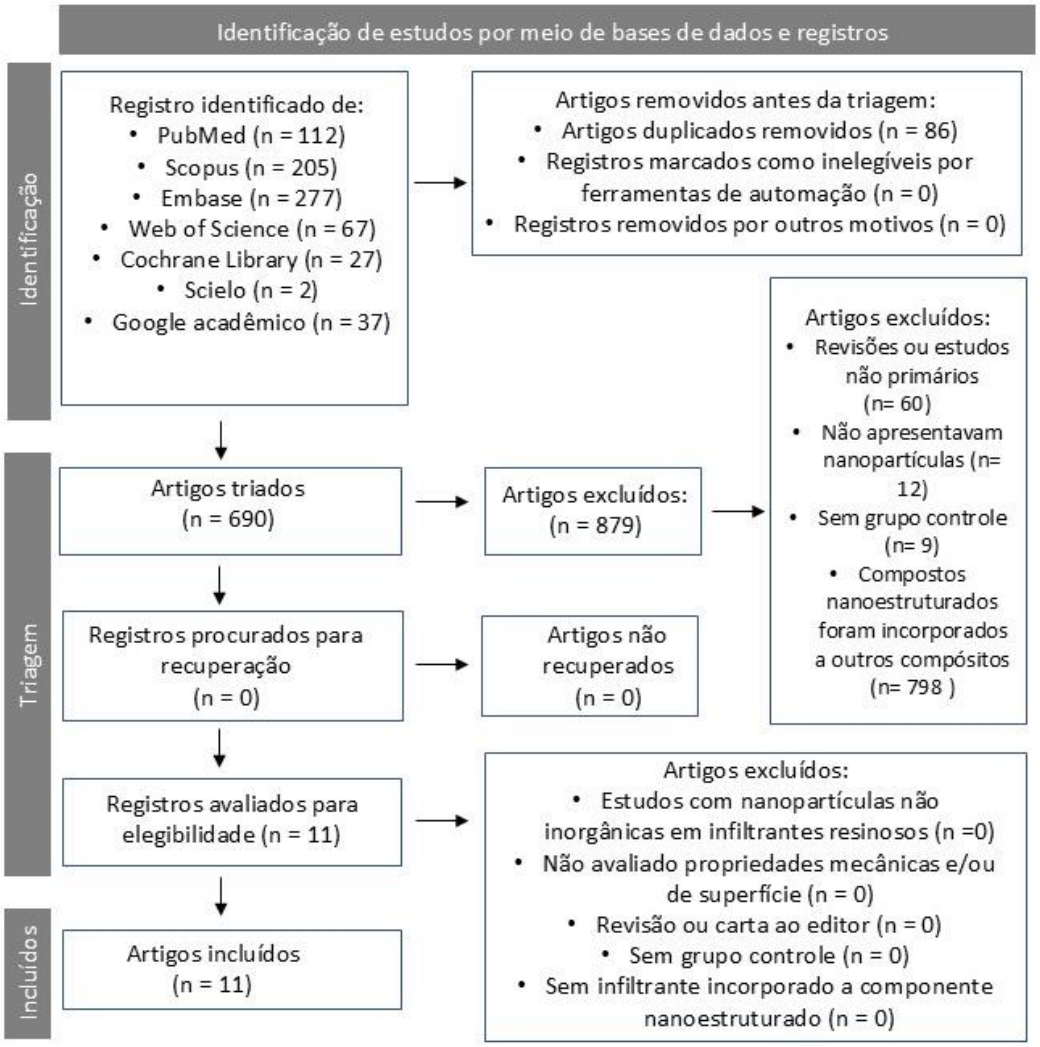


Tabela 1. Estratégias de busca de acordo com as bases de dados.

Base de dados	Estratégia de busca
PubMed	*((("Resin infiltration" OR "resinous infiltrant" OR "resinous infiltrants" OR "icon resin infiltrant" OR "Resin infiltrant" OR "Resin infiltrants" OR "Composite resins" OR "Composite materials") AND ("Nanoparticles" [MeSH] OR "Nanoparticle" OR "Nanocrystalline Materials" OR "Material, Nanocrystalline" OR "Materials, Nanocrystalline" OR "Nanocrystalline Material" OR "Nanocrystals" OR "Nanocrystal" OR "Nanotechnology") AND ("Dental Caries"[Mesh] OR "Dental Decay" OR "Dental Cavities" OR "Cavities, Dental" OR "Cavity, Dental" OR "Decay, Dental" OR "Carious Lesions" OR "Carious Lesion" OR "Lesion, Carious" OR "Lesions, Carious" OR "Caries, Dental" OR "Dental Cavity" OR "Dental White Spot" OR "Spot, Dental White" OR "Spots, Dental White" OR "Dental White Spots" OR "White Spot, Dental" OR "White Spots, Dental" OR "Carious Dentin" OR "Carious Dentins" OR "Dentin, Carious" OR "Dentins, Carious" OR "Caries" OR "Caries infiltration" OR "White spot lesions" OR "dental enamel")))*
Scopus	*TITLE-ABS-KEY (("Resin infiltration" OR "resinous infiltrant" OR "resinous infiltrants" OR "icon resin infiltrant" OR "Resin infiltrant" OR "Resin infiltrants" OR "Composite resins" OR "Composite materials") AND ("Nanoparticles" OR "Nanoparticle" OR "Nanocrystalline Materials" OR "Material, Nanocrystalline" OR "Materials, Nanocrystalline" OR "Nanocrystalline Material" OR "Nanocrystals" OR "Nanocrystal" OR "Nanotechnology") AND ("Dental Caries" OR "Dental Decay" OR "Dental Cavities" OR "Cavities, Dental" OR "Cavity, Dental" OR "Decay, Dental" OR "Carious Lesions" OR "Carious Lesion" OR "Lesion, Carious" OR "Lesions, Carious" OR "Caries, Dental" OR "Dental Cavity" OR "Dental White Spot" OR "Spot, Dental White" OR "Spots, Dental White" OR "Dental White Spots" OR "White Spot, Dental" OR "White Spots, Dental" OR "Carious Dentin" OR "Carious Dentins" OR "Dentin, Carious" OR "Dentins, Carious" OR "Caries" OR "Caries infiltration" OR "White spot lesions" OR "dental enamel"))*
Embase	*('resin infiltration' OR 'resinous infiltrant' OR 'resinous infiltrants' OR 'icon resin infiltrant' OR 'resin infiltrant' OR 'resin infiltrants' OR 'composite resins' OR 'composite materials') AND ('nanoparticle' OR 'nanocrystalline materials' OR 'material, nanocrystalline' OR 'materials, nanocrystalline' OR 'nanocrystalline material' OR 'nanocrystals' OR 'nanocrystal' OR 'nanotechnology') AND ('dental caries' OR 'dental decay' OR 'dental cavities' OR 'cavities, dental' OR 'cavity, dental' OR 'decay, dental' OR 'carious lesions' OR 'carious lesion' OR 'lesion, carious' OR 'lesions, carious' OR 'caries, dental' OR 'dental cavity' OR 'dental white spot' OR 'spot, dental white' OR 'spots, dental white' OR 'dental white spots' OR 'white spot, dental' OR 'white spots, dental' OR 'carious dentin' OR 'carious dentins' OR 'dentin, carious' OR 'dentins, carious' OR 'caries' OR 'caries infiltration' OR 'white spot lesions' OR 'dental enamel')*
Web of Science	*TS = ("Resin infiltration" OR "resinous infiltrant" OR "resinous infiltrants" OR "icon resin infiltrant" OR "Resin infiltrant" OR "Resin infiltrants" OR "Composite resins" OR "Composite materials") AND TS = ("Nanoparticles" OR "Nanoparticle" OR "Nanocrystalline Materials" OR "Material, Nanocrystalline" OR "Materials, Nanocrystalline" OR "Nanocrystalline Material" OR "Nanocrystals" OR "Nanocrystal" OR "Nanotechnology") AND TS = ("Dental Caries" OR "Dental Decay" OR "Dental Cavities" OR "Cavities, Dental" OR "Cavity, Dental" OR "Decay, Dental" OR "Carious Lesions" OR "Carious Lesion" OR "Lesion, Carious" OR "Lesions, Carious" OR "Caries, Dental" OR "Dental Cavity" OR "Dental White Spot" OR "Spot, Dental White" OR "Spots, Dental White" OR "Dental White Spots" OR "White Spot, Dental" OR "White Spots, Dental" OR "Carious Dentin" OR "Carious Dentins" OR "Dentin, Carious" OR "Dentins, Carious" OR "Caries" OR "Caries infiltration" OR "White spot lesions" OR "dental enamel")*

Cochrane Library	*("Resin infiltration" OR "resinous infiltrant" OR "resinous infiltrants" OR "icon resin infiltrant" OR "Resin infiltrant" OR "Resin infiltrants" OR "Composite resins" OR "Composite materials") AND ("Nanoparticles" OR "Nanoparticle" OR "Nanocrystalline Materials" OR "Material, Nanocrystalline" OR "Materials, Nanocrystalline" OR "Nanocrystalline Material" OR "Nanocrystals" OR "Nanocrystal" OR "Nanotechnology") AND ("Dental Caries" OR "Dental Decay" OR "Dental Cavities" OR "Cavities, Dental" OR "Cavity, Dental" OR "Decay, Dental" OR "Carious Lesions" OR "Carious Lesion" OR "Lesion, Carious" OR "Lesions, Carious" OR "Caries, Dental" OR "Dental Cavity" OR "Dental White Spot" OR "Spot, Dental White" OR "Spots, Dental White" OR "Dental White Spots" OR "White Spot, Dental" OR "White Spots, Dental" OR "Carious Dentin" OR "Carious Dentins" OR "Dentin, Carious" OR "Dentins, Carious" OR "Caries" OR "Caries infiltration" OR "White spot lesions" OR "dental enamel")*
Scielo	*("Resin infiltration" OR "resinous infiltrant" OR "resinous infiltrants" OR "icon resin infiltrant" OR "Resin infiltrant" OR "Resin infiltrants" OR "Composite resins" OR "Composite materials") AND ("Nanoparticles" OR "Nanoparticle" OR "Nanocrystalline Materials" OR "Material, Nanocrystalline" OR "Materials, Nanocrystalline" OR "Nanocrystalline Material" OR "Nanocrystals" OR "Nanocrystal" OR "Nanotechnology") AND ("Dental Caries" OR "Dental Decay" OR "Dental Cavities" OR "Cavities, Dental" OR "Cavity, Dental" OR "Decay, Dental" OR "Carious Lesions" OR "Carious Lesion" OR "Lesion, Carious" OR "Lesions, Carious" OR "Caries, Dental" OR "Dental Cavity" OR "Dental White Spot" OR "Spot, Dental White" OR "Spots, Dental White" OR "Dental White Spots" OR "White Spot, Dental" OR "White Spots, Dental" OR "Carious Dentin" OR "Carious Dentins" OR "Dentin, Carious" OR "Dentins, Carious" OR "Caries" OR "Caries infiltration" OR "White spot lesions" OR "dental enamel")*
Google Scholar	*("resin infiltration" OR "resinous infiltrant" OR "icon resin infiltrant") AND (nanoparticle OR nanoparticles OR nanotechnology OR nanocrystals) AND ("white spot lesion" OR "carious lesion" OR "non-cavitated caries" OR "enamel lesion") intitle:"resin infiltration"*

Fonte: Autor (2025).

Tabela 2. Principais resultados dos estudos *in vitro* incluídos na revisão de escopo.

Estudos (ano)	Amostra (n=) / Grupos	Tipo de nanopartícula [Concentrações/ diâmetro]	Protocolo de aplicação do infiltrante	Composição dos Infiltrantes resinosos	Principais resultados		
					Propriedade anticárie	Propriedades de superfície e/ou mecânica	Propriedades ópticas
Neto et al., 2016	N= 50 fragmentos proximais de molares humanos (5 grupos (n = 10): I: controle negativo sem nenhum tratamento de infiltração; II: controle com resina infiltrante; III: HAp0h; IV: HAp2h e V: HAp5h).	HAp [0-10%] O HAp0h 20,7 ± 8,1 nm. HAp2h e o HAp5h 15,7 ± 3,7 nm e 21,3 ± 6,8 nm, respectivamente, com comprimentos de 53,8 ± 17,8 nm para HAp2h e 73,8 ± 27,2 nm.	Condicionadas com HCl 15% por 2 min, lavadas por 30 s, secas por 10 s, etanol aplicado por 30 s e seco por 10 s. Infiltrante aplicado por 3 min e fotopolimerizado por 40 s.	10% de UDMA, 87% TEGDMA, 0,5%, CQ 1% 4-dimetilaminobenzoato de etila (coiniciador) e 1,5% em peso de hexafluorofosfato de difeniliodônio.	NPs de HAp mantiveram maior microdureza do esmalte após ciclagem de pH, indicando melhor proteção contra desmineralização quando comparados à resina sem carga ou ao grupo sem tratamento.	O tratamento hidrotérmico das NPs de HAp gerou formas de bastonete com maior cristalinitude, favorecendo a estabilidade e interação com o esmalte. A adição de HAp2h e HAp5h aumentou significativamente o CG das resinas, enquanto o HAp0h não teve efeito, indicando que a morfologia e cristalinidade das NPs influenciam positivamente a polimerização.	Não analisado.

Xu et al., 2011	Resistência flexural e elasticidade (N=6) e Liberação de íons Ca e PO4 (N=3), com 4 grupos. I: 0% NACP + 75% vidro; II: 10% NACP + 65% vidro; III 15% NACP + 60% vidro; e IV 20% NACP + 50% vidro.	NACP [0%, 10%, 20%] e vidro [75%, 50%, 60%, 65%] Diâmetro = 116 nm. - XRD: pó amorfo - BET: área superficial = 17,76 m²/g - TEM: partículas ≈100 nm, com protuberâncias esféricas, sugerindo fusão de partículas menores	Não relatado.	Resina Bis-GMA/TEGDMA (1:1), fotopolimerizável com 0,2% CQ e 0,8% DMAB. Cargas: NACP (10–20%) + vidro boroaluminossilicato (50–75%).	O aumento do nível de NACP aumentou a liberação de íons. Aos 28 dias e pH 4, a liberação de Ca foi de (4,66 ± 0,05) mmol/L a 20% de NACP, muito superior à de (0,33 ± 0,08) a 10% de NACP ($p < 0,05$). A redução do pH aumentou a liberação de íons. A 20% de NACP, a liberação de PO4 aos 28 dias foi de (1,84 ± 0,12) mmol/L a pH 4, superior à de (0,59 ± 0,08) a pH 5,5 e à de (0,12 ± 0,01) a pH 7.	O pH teve pouco efeito nas propriedades mecânicas do compósito. A resistência à flexão com 15% de NACP foi de (96 ± 13) MPa em pH 4, semelhante a (89 ± 13) MPa em pH 5,5, e (89 ± 19) MPa em pH 7	Não analisado
Dai et al., 2022	N=6 (por grupo)e 5 grupos. I: 0% NACP + 100% em peso de ICON; II: 10% NACP + 90% ICON;III: 20% NACP + 80% ICON; IV: 30% NACP + 70% ICON; V: 40% NACP + 60% ICON.	NACP [10%, 20%, 30%, 40%, 30% e 40%] NACP [116 nm]	Ácido HCl 15% por 2 min → lavagem → secagem → etanol 30 s → aplicação do infiltrante 1	Resina comercial ICON (base TEGDMA) modificada com 1% de nanofibras híbridas	O grupo ICON + 30% NACP apresentou liberação de íons Ca e P de longa duração e alto nível.	O grupo ICON + 30% NACP apresentou a maior dureza transversal do esmalte entre todos os grupos	Diferença significativa de cor pôde ser encontrada entre o esmalte hígido e após

			min → fotopolimerização 40 s		Após 14 dias de ciclagem de pH, a dureza da superfície do esmalte do grupo ICON + 30% NACP foi de 1,83 ± 0,21 GPa, significativamente maior do que a do grupo controle (1,32 ± 0,18 GPa)	(50 µm e 100 µm). Imagens de MEV mostraram que as lacunas aparentes entre prismas e interprismas no controle negativo foram mascaradas pela deposição mineral no grupo ICON + 30% NACP.	desmineralização. Não houve diferença entre o grupo controle ICON e os grupos de modificação de 0% a 30% de NACP.

Obeid et al., 2022	N= 3/grupo (grau de conversão), N=3/grupo dureza e N=9/grupo desmineralização/remineralização e 3 grupos. I: ICON; II: ICON + PLA-SiO_2; III ICON + PLA-SiO_2–CaP	Nanofibras híbridas (PLA com sílica ou sílica–fosfato de cálcio)[não reportado]	Ácido HCl 15% por 2 min → lavagem → secagem → etanol 30 s → aplicação do infiltrante 1 min → fotopolimerização 40 s	Resina comercial ICON (base TEGDMA) modificada com 1% de nanofibras híbridas	A relação Ca/P mostrou que o ICON/SiO2CaP e o ICON/PLA-SiO2 após o regime de ciclagem de pH diferiram do esmalte sadio e dos infiltrados modificados antes da ciclagem de pH.	Um aumento significativo da dureza foi observado no grupo ICON/SiO2CaP. O grupo ICON/PLA-SiO2 apresentou valores de grau de conversão maiores que o grupo controle. Todos os grupos apresentaram diferença significativa em %ΔSH ($p < 0,05$), embora os espécimes tratados com ICON/SiO2CaP tenham apresentado valores maiores. Em relação à %SHL e %SHR, os grupos ICON/SiO2CaP e ICON/PLA-SiO2 foram significativamente diferentes em	Não avaliado.

						comparação ao grupo controle ($p < 0,001$). No entanto, não foi observada diferença entre ICON/ SiO2CaP e ICON/PLA-SiO2.	

Souza et al., 2024	N= 4/grupo (Grau de conversão), N=8/grupo (sorção e solubilidade), N=10/grupo (ângulo de contato), N=6 (biomassa do biofilme) e N=8/grupo (metabolismo bacteriano) e 7 grupos. I: ERI (75/25% TEGDMA/BISEMA); II: ERI + 2,5% DMAHDM; III: ERI + 5% DMAHDM; IV: ERI + 2% NACP; V: ERI + 2,5% DMAHDM + 2% NACP; VI: ERI + 5% DMAHDM + 2% NACP e VII: Icon®	NACP [2%] + DMAHDM [2,5% e 5%/ não reportado]	Base experimental: 75% TEGDMA + 25% BisEMA + fotoiniciadores ; grupos com 2,5% ou 5% DMAHDM e/ou 2% NACP; grupo controle: Icon®.	75% de TEGDMA, 25% de BisEMA, 0,5% de canforoquinona e 1% de EDMAB, sendo divididos em grupo controle (ERI puro), com adição de 2,5% ou 5% de DMAHDM, 2% de NACP isolado, ou a combinação de DMAHDM (2,5% ou 5%) com 2% de NACP.	5DM_NACP apresentou a menor biomassa do biofilme, semelhante a 2,5DM e 5DM. Infiltrados de resina contendo DMAHDM apresentaram metabolismo bacteriano reduzido.	O Icon® apresentou o maior grau de conversão, menor ângulo de contato e os menores valores de sorção e solubilidade, com desempenho semelhante ao infiltrante experimental sem aditivos em relação à solubilidade.	Não avaliado
Khurshed et al., 2024	N= 38 incisivos bovinos. 7 grupos (n = 5): I: esmalte saudável (SE); II: lesão de cárie artificial (ACL); III: RI; IV: RI + 2,5% ZnO; V: RI + 5% ZnO; VI: RI + 2,5% MgO; VII: RI + 5% MgO.	ZnO [2,5% e 5%], MgO [2,5% e 5%] ZnO [10-30 nm] e MgO [10-3 0 nm]	- Infiltrante comercial (Icon, DMG): aplicado após condicionamento com HCl 15%, desidratação com etanol e fotoativação (40 s). Modificações preparadas com 2,5% e 5% de ZnO/MgO por agitação em amalgamador por 180 s.	- Infiltrante comercial com ~99% TEGDMA. - Modificados com 2,5% ou 5% de nanopartículas de ZnO ou MgO.	Não avaliado.	O infiltrante resinoso, puro ou modificado com nanopartículas de óxido de zinco ou magnésio, preveniu a microinfiltração, com eficácia semelhante entre os aditivos. Todos os grupos tratados foram superiores ao grupo sem tratamento.	Não avaliado.

Kielbassa et al., 2020	48 pré-molares e molares humanos com cárie proximal (ICDAS 2 ou 3), extensão até dentina (E2/D1). 2 grupos (n=24): I: Icon; II: AgNP 5,5%	Ag[5,5%/20 nm]	HCl 15% (2 min), lavadas com spray ar/água (30 s), secas ao ar (30 s), drenadas com etanol 99% (30 s) e novamente secas com ar comprimido (30 s).	não reportado	A combinação do preparo de túnel interno com infiltração de resina modificada com nanoprata apresenta potencial antimicrobiano, contribuindo para o controle da atividade cariosa e podendo representar uma alternativa eficaz para o tratamento de lesões proximais avançadas.	A abordagem promove oclusão e estabilização adesiva do volume poroso do esmalte desmineralizado, aumentando a área de infiltração e potencialmente reforçando a estrutura da lesão sem remover esmalte saudável.	Não avaliado.
ElEmbaby et al., 2024	30 pré-molares humanos em 3 grupos com N=10/grupo. I: ICON sem NP (controle); II, ICON + 0,2% NS; III: ICON + 0,5% NS	SiO_2 (nano-sílica) [0,2 e 0,5%/Não reportado]	Condicionamento com HCl 15% (2 min), etanol (30 s), aplicação do infiltrante por 3 min + 1 min com fotoativação entre camadas (20 s cada).	ICON (DMG) com ou sem adição de 0,2% ou 0,5% de nanopartículas de sílica (NS)	O tratamento com ICON+0,2 e ICON+0,5 aumentou significativamente a densidade mineral do esmalte desmineralizado, indicando potencial remineralizante e efeito protetor contra	O ICON apresentou os maiores valores de sorção de água e solubilidade (28,90; 7,61), seguidos por ICON+0,2 (14,80; 4,82) e ICON+0,5 (12,32; 0,81), sendo que esses últimos apresentaram	Não avaliado

					a progressão da cárie.	maior penetração dos marcadores de resina, sugerindo melhor desempenho de infiltração e estabilidade da superfície tratada.	
Mathias et al., 2023	Cinética de polimerização (n = 3), sorção e solubilidade em água (n = 10) e viscosidade (n = 3). 7 grupos. I: Icon (TEGDMA resin-based); II: T-BAG (B-Neat+ DPI 0,5%/BAG10%); III: B-BAG (B-Neat+ BAG10%); IV: T-HAp (B-Neat + DPI 0,5%/HAp10%); V: B-HAp (B-Neat+ HAp10%); VI: T-Neat (B-Neat + DPI 0,5%); VII: B-Neat ((3:1) TEGDMA/BisEMA, 0.5 mol% CQ/ 1 mol% EDAB)	hidroxiapatita (HAp) [10%/< 200 nm] ou vidro bioativo 58S (BAG) [£ 45 mm] e hexafluorofosfato de difeniliodônio (DPI)[0,5%].	não relatado.	TEGDMA/BisEMA (3:1), CQ, EDAB; HAp ou BAG (10%); DPI (0.5 mol%)	Não avaliado.	.HAp teve maior polimerização e viscosidade; Icon e BAG, menores. DPI aumentou o desempenho do BAG. Após 5 min, todos os grupos superaram 80% de GC. Icon teve maior sorção de água.	Não avaliado.
Nedeljkovic et al., 2022	N= 68, espécimes de esmalte bovino. 4 grupos. I: controle sem tratamento (NTC); II: infiltração com Icon (Icon); III: infiltração com material de vidro híbrido experimental (EXP) e IV: infiltração com material de vidro híbrido experimental contendo	HAp [1%/Não reportado]	Ácido ortofosfórico 37% por 5 s, enxaguados por 15 s e secos com ar. No grupo Icon, aplicou-se Icon-Dry por 30 s, seguido de duas	Icon: Etanol (99%);: Dimetacrilato de trietilenoglicol (TEGDMA) (70–95%); Canforoquinona (CQ) (< 2,5%); aditivos Modificado:	Não reportado	Em todos os grupos (NTC, Icon e EXP-HAp), exceto EXP, a microdureza superficial diminuiu significativamente após a ciclagem de pH.	Não reportado

	nanopartículas de hidroxiapatita (HAp) (1%) (EXP-HAp).		aplicações do infiltrante (3 min e 1 min), com remoção do excesso e fotopolimerização por 40 s após cada uma. No grupo EXP, realizou-se pré-aquecimento a 37 °C por 10 min antes de cada aplicação do infiltrante, com tempo de ação e fotopolimerização de 1 min em cada aplicação.	Monômero/oligômero de vidro híbrido (15%); 1% de nanopartículas de HAp; etanol		Além disso, a microdureza superficial (SMH) aumentou em EXP após a ciclagem de pH e foi significativamente maior do que em outros grupos submetidos à ciclagem de pH. A Ra aumentou consideravelmente, enquanto o nível superficial diminuiu após a ciclagem de pH em todos os grupos, exceto em EXP. Sinais de desmineralização e aumento da rugosidade em NTC, Icon e EXP-HAp também foram observados com a MEV.	

Fonte: Autor (2025).

Legenda: %ΔSH, Variação percentual da dureza após tratamento; %SHL, Perda percentual de dureza após ciclagem de pH (Surface Hardness Loss); %SHR, Recuperação percentual de dureza após ciclagem de pH (Surface Hardness Recovery); 2.5DM / 5DM, Infiltrantes com 2,5% ou 5% DMAHDM; 2.5DM_NACP / 5DM_NACP, Infiltrantes com DMAHDM + NACP; BET, Método de Brunauer, Emmett e Teller para área superficial; BisEMA, Etilenoxilado bisfenol A dimetacrilato; CA, Ângulo de contato; CaP, Fosfato de cálcio; CQ, Canforoquinona; DMAHDM, Dimetilaminohexadecil metacrilato; EDMAB, Etildimetilaminobenzoato; EDX, Espectroscopia de Dispersão de Energia por Raios-X; ERI, Infiltrante resinoso experimental; FT-IR, Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier; GC, Grau de conversão; HAp, Nano-

hidroxiapatita; HCl, Ácido clorídrico; HRMS, Espectrometria de Massa de Alta Resolução; ICON, Infiltrante resinoso comercial (DMG, base TEGDMA); NP, Nanopartícula; NACP, Fosfato de cálcio amorfo; PLA, Ácido polilático (Polylactic Acid); RMN, Ressonância Magnética Nuclear; SEM, Microscopia Eletrônica de Varredura; SH, Microdureza superficial (Surface Hardness); SiO_2, Dióxido de silício (sílica); TEGDMA, Dimetacrilato de trietilenoglicol / Trietilenoglicol dimetacrilato (monômero da resina); TEM, Microscopia Eletrônica de Transmissão; UDMA, Dimetacrilato de uretano; XRD, Difração de raios X; NS, Nano-sílica (dióxido de silício); SiO_2, Dióxido de silício (sílica); XRD, Difração de Raios X (usada para análise estrutural das nanopartículas); Micro-CT – Microtomografia computadorizada (usada para avaliar densidade mineral e topografia); µm, Micrômetro (unidade de medida usada para profundidade de penetração dos “resin tags”); MBP, Penetração do corante azul de metileno (Methlyene Blue Penetration); ICDAS, International Caries Detection and Assessment System (classificação de lesões de cárie); LED – Light Emitting Diode (tipo de fonte de luz usada para fotoativação); VHN, Vickers Hardness Number (número de microdureza Vickers). GC – Grau de Conversão: porcentagem de monômeros que se transformam em polímero durante a polimerização. HAp: Hidroxiapatita: um material bioativo usado em odontologia, semelhante ao componente mineral do osso e esmalte dental. BAG: Bioactive Glass (ou Vidro Bioativo): material usado para promover regeneração dentária e óssea. DPI: Iniciador de Fotopolimerização Diferenciado (possivelmente uma substância ou aditivo que acelera a polimerização; o nome completo pode variar dependendo do estudo).