

Cimento de Ionômero de Vidro: Bioatividade e ação anticariogênica

Glass Ionomer Cement: Bioactivity and anticariogenic action

Cemento de Ionómero de Vidrio: Bioactividad y acción anticariogénica

Recebido: 08/11/2025 | Revisado: 15/11/2025 | Aceitado: 15/11/2025 | Publicado: 17/11/2025

Edmila Santos Silva

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6123-8942>
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil
E-mail: 202410832@uesb.edu.br

Larissa Silva Oliveira Alves

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0746-4002>
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil
E-mail: 202410844@uesb.edu.br

Raissa Rodrigues Lima

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0542-0170>
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil
E-mail: 202410070@uesb.edu.br

Sofia Silva Batista

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0741-991X>
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil
E-mail: 202410644@uesb.edu.br

Ian Matos Vieira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9057-7070>
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil
E-mail: matos.vieira@gmail.com

Ana Flávia Soares

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6367-203X>
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil
E-mail: ana.flavia@uesb.edu.br

Resumo

Objetivo: O presente estudo tem por objetivo principal mensurar por meio de uma revisão bibliográfica o poder anticariogênico do Cimento de Ionômero de Vidro, um material dentário amplamente utilizado na odontologia.

Metodologia: A metodologia empregada foi uma revisão integrativa de literatura a partir de materiais anexados nas bases de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO), Cochrane e na USA National Library of Medicine (PubMed) e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), utilizando as palavras-chave “Cimentos de Ionômeros de Vidro, Testes de Atividade de Cárie Dentária, Suscetibilidade à Cárie Dentária”, utilizado publicações publicadas entre 2015 e 2015.

Resultados: Inicialmente, foram encontrados 185 estudos, mas após passarem pelos critérios de elegibilidade permaneceram 7 para compor o presente trabalho, ao analisar as publicações verificou-se que o CIV é um composto potencialmente anticariogênico devido às suas atividades antimicrobianas no tecido dentário, ele favorece a remineralização do tecido dentário e exerce ação cariostática.

Conclusão: Foi possível observar que o material dentário citado age como bioativo na cárie dentária, este possui a capacidade de liberação de flúor, sendo associado ao controle da extensão da cárie dentária, por ser um material versátil pode ser associado ao uso da resina composta para melhores resultados.

Palavras-chave: Cimento de Ionômeros de Vidro; Testes de Atividade de Cárie Dentária; Suscetibilidade à Cárie Dentária.

Abstract

Objective: The main objective of this study is to measure, through a bibliographic review, the anticariogenic power of Glass Ionomer Cement, a dental material widely used in dentistry.

Materials and methods: The methodology employed was a integrative literature review based on materials attached to the Scientific Electronic Library Online (SciELO), Cochrane, and USA National Library of Medicine (PubMed) and Virtual Health Library (VHL) databases, using the keywords “Glass Ionomer Cements, Dental Caries Activity Tests, Dental Caries Susceptibility”, using publications published between 2015 and 2015.

Results: Initially, 185 studies were found, but after passing the eligibility criteria, 7 remained to compose the present work. When analyzing the publications, it was found that GIC is a potentially anticariogenic compound due to its antimicrobial activities in dental tissue, it favors the remineralization of dental tissue and exerts cariostatic action.

Final considerations: It was possible to observe that the mentioned dental material acts as

a bioactive in dental caries, it has the capacity to release fluoride, being associated with the control of the extension of dental caries, as it is a versatile material it can be associated with the use of composite resin for better results.

Keywords: Glass Ionomer Cements; Dental Caries Activity Tests; Dental Caries Susceptibility.

Resumen

Objetivo: El objetivo principal de este estudio es evaluar, mediante uma revisión bibliográfica, el potencial anticariogénico del cemento de ionómero de vidrio (CIV), um material dental ampliamente utilizado em odontología. Metodología: Se realizó uma revisión bibliográfica integrativa basada em materiales de las bases de datos SciELO, Cochrane, PubMed (Biblioteca Nacional de Medicina de EE. UU.) y BVS (Biblioteca Virtual em Salud), utilizando las palabras clave “Cementos de ionómero de vidrio”, “Pruebas de actividad cariogénica” y “Susceptibilidad a la caries dental”, com publicaciones entre 2015 y 2016. Resultados: Inicialmente se encontraron 185 estudios, de los cuales 7, tras cumplir los criterios de elegibilidad, conformaron este trabajo. El análisis de las publicaciones mostró que el CIV es um compuesto potencialmente anticariogénico debido a su actividad antimicrobiana em el tejido dental; favorece la remineralización del tejido dental y ejerce una acción cariostática. Conclusión: Se observó que el material dental citado actúa como agente bioactivo em la caries dental. Tiene la capacidad de liberar fluoruro, controlando así la extensión de la caries. Al ser um material versátil, puede combinarse com resina compuesta para obtener mejores resultados.

Palabras clave: Cementos de Ionómero de Vidrio; Pruebas de Actividad Cariogénica; Susceptibilidad a la Caries Dental.

1. Introdução

O Cemento de Ionômero de Vidro (CIV) tem sido amplamente estudado e aplicado na odontologia contemporânea em virtude de suas propriedades químicas e biológicas singulares, que o diferenciam de outros materiais restauradores. Desenvolvido a partir da reação ácido-base entre ácidos polialcenicos e vidros de caráter básico, este material apresenta uma estrutura híbrida composta por uma matriz polissalina que envolve partículas de vidro não reagidas, responsáveis por conferir resistência e estabilidade à restauração. Essa reação resulta em um material capaz de se unir quimicamente à estrutura dental, formando uma interface estável denominada camada de troca iônica, caracterizada pela difusão de íons entre o cimento e o tecido dentário, o que garante uma adesão duradoura e resistência ao deslocamento mecânico e químico (Sidhu & Nicholoson, 2016).

O CIV destaca-se por sua capacidade de liberar e trocar íons flúor de forma contínua, o que o torna um material de grande relevância terapêutica no controle da cárie dentária. Essa propriedade decorre de mecanismos físico-químicos que envolvem difusão e dissolução controlada, mantendo níveis adequados de flúor na interface material-dente ao longo do tempo. O flúor liberado atua diretamente sobre o metabolismo das bactérias cariogênicas, reduzindo sua capacidade de acidificação, além de contribuir para o equilíbrio entre desmineralização e remineralização, favorecendo a formação de apatitas mais estáveis. Outro aspecto importante é a capacidade do material se recarregar com flúor proveniente de agentes externos, como dentífricos e soluções fluoretadas, o que garante a manutenção de sua eficácia bioativa mesmo após longos períodos clínicos. Essa característica de “recarga iônica” permite uma atuação contínua na proteção do esmalte e da dentina, reforçando o papel do CIV como material restaurador e preventivo essencial dentro dos princípios da odontologia minimamente invasiva (Nicholson et al., 2023).

Uma das principais características benéficas do CIV é sua biocompatibilidade com o elemento dentário, sendo capaz de interagir com o dente de forma positiva como na formação de hidroxiapatita favorecendo a remineralização do tecido cariado, sendo um material considerado de primeira escolha em cavidades profundas, por sua composição e características químicas específicas, anticariogenicidade com liberação de íons como flúor, cálcio e fosfato, biocompatibilidade impactando positivamente no ambiente biológico circundante (Giannini, 2021; Vallittu et al., 2018).

O Cemento de Ionômero de Vidro passou por modificações para melhorar a resistência, solubilidade e outras características presentes nele e promoveu uma melhora na estética do material, devido à incorporação de nanopartículas. Além disso, o CIV modificado sofre mudanças por componentes que se polimerizam à luz, conferindo maior resistência e duração do material (Fúcio et al, 2016; Muniz et al, 2020).

O material restaurador CIV apresenta um tempo de endurecimento menor, comparado à estabilização das ligações químicas, que podem necessitar de um tempo diferente para ocorrer. Após o endurecimento do material, que possui duração aproximada de 150 minutos, ele ainda sofre modificações, permanecendo vulnerável ao processo mastigatório. Esse intervalo que as ligações químicas levam para se estabilizar impacta na durabilidade e nas propriedades do material. A literatura ainda necessita de mais estudos que forneçam informações adicionais sobre essas ligações químicas (Yamakami et al., 2018).

A utilização em conjunto da resina composta com cimento de ionômero de vidro, podem trazer resultados satisfatórios, visto que a resina possui estética e coloração adequadas e estáveis, e o cimento de ionômero de vidro apresenta a liberação de flúor, adesividade ao dente e biocompatibilidade. Assim, com a junção de todas essas características, tem-se uma restauração com mais chances de sucesso (Medeiros et al., 2021). Porém, a taxa de êxito na aplicação do cimento de ionômero de vidro pode ser afetada negativamente devido à falta de conhecimento, entendimento e atualizações do profissional em aplicar e manipular as técnicas corretamente (Poornima et al., 2019; Nicholson et al, 2020; Mesquita et al, 2020).

Além da barreira física criada pelo selante, os compostos bioativos possuem a capacidade de liberar flúor na superfície inserida, garantindo assim a prevenção do desenvolvimento de lesão cavitada, o CIV possui alta capacidade de retenção permanecendo nas partes mais profundas das fissuras dentárias, o que impacta diretamente no seu poder anticariogênico (Uzel et al, 2022). Ademais, para proteção de molares em erupção, o material possui vantagem em relação aos selantes a base de resina por serem menos sensíveis à umidade. (Morales & Nualart, 2014).

O presente estudo tem por objetivo principal mensurar por meio de uma revisão bibliográfica o poder anticariogênico do Cimento de Ionômero de Vidro, um material dentário amplamente utilizado na odontologia.

2. Metodologia

O presente estudo caracteriza-se uma revisão não sistêmática, narrativa, de literatura (Rother, 2007) com abordagem qualitativa (Pereira et al., 2018), o qual busca analisar os conteúdos de artigos encontrados nas bases de dados. Scientific Electronic Library Online (SciELO), Cochrane e na USA National Library of Medicine (PubMed) e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), a escolha do tipo de pesquisa se deu por ser um método que permite selecionar e identificar os estudos existentes e as perspectivas futuras acerca da atividade anticariogênica do Cimento de Ionômero de Vidro, com o objetivo de responder a questão norteadora: “Qual ação do Cimento de Ionômero de Vidro sobre bactérias cariogênicas e qual composto responsável pela ação anticariogênica?”. Para tanto, foi utilizado as palavras-chave Cimentos de Ionômeros de Vidro, Testes de Atividade de Cárie Dentária, Suscetibilidade à Cárie Dentária com os descritores booleanos AND e OR de acordo com as terminologias encontradas nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCs). Os critérios de inclusão definidos foram: artigos publicados nos últimos 10 anos e nos idiomas português, espanhol e inglês. Já os critérios de exclusão foram: artigos não relevantes para a temática, artigos duplicados (que constam em mais de uma base de dados) e textos incompletos.

3. Resultados e Discussão

Inicialmente, foram identificados 185 trabalhos. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 120 foram selecionados para análise, resultando, ao final da triagem por título e resumo, em 7 artigos utilizados na elaboração do presente estudo.

O Cimento de ionômero de vidro (CIV) é amplamente reconhecido por sua natureza bioativa, sobretudo pela capacidade sustentada de liberação de flúor que favorece a remineralização do tecido dentário e exerce efeito anticariogênico. Estudos recentes demonstram que a incorporação de nanopartículas de quitosana ao líquido do CIV acelera e aumenta a liberação de íons fluoreto — apresentando um pico inicial (“burst phenomenon”) seguido de liberação contínua ao longo de semanas —

potencialmente ampliando a disponibilidade de flúor para uptake dentinário e inibição da formação de cárie secundária. Entre os mecanismos propostos, destacam-se os efeitos antimicrobianos diretos da quitosana, que podem potencializar a ação cariostática do flúor. Embora os resultados *in vitro* sejam promissores, ainda é necessária confirmação clínica para determinar se o aumento da liberação de flúor realmente se traduz em uma proteção anticariogênica efetiva em pacientes (Cruz et al., 2022).

Assim, com o objetivo de aprimorar as propriedades mecânicas do Cimento de Ionômero de Vidro (CIV), foram incorporadas fibras de vidro à sua composição. Observou-se que tanto as fibras curtas, com ou sem aderência ao CIV modificado, apresentaram valores de aproximadamente 0,5 Mpa na resistência à flexão. Já a capacidade do material em resistir à propagação de trincas sob carga — expressa pela tenacidade à fratura — variou entre 1,6 e 2,2 Mpa·m^{1/2}. As fibras de vidro entrelaçadas promoveram um aumento de cerca de 1,5 vezes na tenacidade à flexão, apresentando desempenho superior às fibras curtas (Tanaka et al., 2020). Dessa forma, a adição de fibras de vidro descontínuas contribuiu para o aprimoramento das propriedades mecânicas do CIV e dos Cimentos de Ionômero de Vidro Modificados por Resina (CIVMR), embora essa modificação possa aumentar a absorção de água pelo material (Tanaka et al., 2020; Garoushi et al., 2017; Garoushi et al., 2018; Hammoudaq, 2009; Bao et al., 2021^a, 2021b).

Outro material que tem sido empregado para aprimorar as propriedades do CIV é o grafeno, um composto biocompatível, com reconhecida atividade antibacteriana e elevada estabilidade química. Sua incorporação ao CIV tem demonstrado potencial para aumentar a resistência mecânica, a rigidez e a durabilidade do material, além de aprimorar o desempenho estrutural tanto do CIV quanto de cimentos bioativos à base de silicato de cálcio (Chen & Wang, 2020; Sun et al., 2018; Dubey et al., 2017).

Um estudo avaliou o efeito da incorporação de 5% em peso de nanopartículas de prata (Ag-NPs) e de nanopartículas de dióxido de titânio (TiO₂-NPs) ao cimento de ionômero de vidro (CIV), com o objetivo de aprimorar suas propriedades antibacterianas, de liberação de flúor e resistência à compressão. As amostras modificadas apresentaram maior atividade antimicrobiana contra *Streptococcus mutans* em comparação ao CIV convencional, sendo o grupo com nanopartículas de prata o mais eficaz. Observou-se um leve aumento na liberação de flúor nos compósitos com nanopartículas de prata e uma discreta redução nos com nanopartículas de dióxido de titânio, sem diferenças estatisticamente significativas em relação ao controle. Além disso, a adição de nanopartículas melhorou a resistência à compressão, especialmente no grupo com nanopartículas de dióxido de titânio, demonstrando que a modificação do CIV com nanopartículas metálicas pode potencializar suas propriedades antibacterianas e mecânicas sem comprometer a liberação de flúor, tornando-o um material promissor para restaurações duráveis e com maior proteção contra cárries secundárias (Wassel & Allam, 2022).

Pelo efeito antimicrobiano da nanoprata, é possível utilizá-la em diversos tratamentos médicos e odontológicos, devido à sua forte ação contra microrganismos. Com a adição de nanofios de prata (AgNW) ao CIV, foi observada atividade contra o *Streptococcus mutans*, assim como ocorre com as Ag-NPs. No entanto, alguns fatores diferem, como a cor, que se mantém mais estável quando se utiliza AgNW no CIV. As Ag-NPs podem reduzir um pouco a microdureza e deixar o material mais áspido do que as AgNW, tornando o local mais propício ao acúmulo de bactérias e à ocorrência de desgastes rápidos (Silva & Zuanon, 2005; El-Wassefy et al., 2017; Guo et al., 2023).

Em relação a essas nanopartículas, foi realizada uma investigação sobre o uso de folhas de *Mangifera* na síntese de nanopartículas de prata, sendo observada uma atividade antimicrobiana altamente eficaz, do mesmo modo que foi feita com as nanopartículas de cobre, que foram produzidas de forma sustentável contra *S. mutans* e outros microrganismos (Sundepp et al., 2017; Aguilar-Perez et al., 2020). Assim, foi observado que, ao introduzir nanopartículas como prata e óxido de zinco, houve um aumento da resistência adesiva devido à sua atividade antimicrobiana (Jokar et al., 2020).

O uso de materiais bioativos, como o biovidro 45S5 e o fosfato de nióbio, tem se mostrado um importante aliado na

manutenção e proteção da cavidade oral. Estes compostos aumentam a atividade antimicrobiana e contribuem para a redução da acidez provocada por *Streptococcus mutans*. Outro aspecto relevante é a influência desses materiais na dureza da dentina, uma vez que as partículas bioativas podem melhorar as propriedades do cimento de ionômero de vidro (CIV) e aumentar a dureza da dentina desmineralizada, representando uma estratégia promissora para prevenir, tratar e evitar lesões cariosas (Ana & Anggraeni, 2021).

A incorporação de hidroxiapatita (HÁ) aos cimentos de ionômero de vidro (CIV) tem se mostrado uma estratégia promissora para potencializar suas propriedades anticariogênicas. Essa modificação amplia a bioatividade do material, uma vez que a HÁ principal componente mineral dos tecidos dentários promove uma maior troca iônica entre o CIV e as estruturas dentárias adjacentes, favorecendo a remineralização da dentina e do esmalte. Além disso, estudos têm demonstrado que a adição de HÁ, especialmente em forma nanométrica, aumenta a liberação cumulativa de flúor e de íons cálcio e fosfato, o que contribui para a formação de apatita secundária e reforço da interface dente-restauração. Tais características ampliam a capacidade do CIV de inibir a progressão de lesões cariosas e reduzir a atividade bacteriana em torno da restauração, sobretudo contra *Streptococcus mutans*, microrganismo-chave na etiologia da cárie. No entanto, os efeitos benéficos dependem de fatores como tamanho de partícula, morfologia e proporção da HÁ incorporada, sendo observados resultados mais consistentes em concentrações moderadas (5–15% em peso). Assim, a modificação do CIV com hidroxiapatita representa um avanço significativo rumo a materiais restauradores com maior longevidade clínica e efeito preventivo de cárie (Zhang et al., 2025).

Outra opção tem sido a incorporação de antibióticos ao cimento de ionômero de vidro que atuam contra a atividade bacteriana, como o metronidazol, a minociclina e a ciprofloxacina. A minociclina, contudo, é frequentemente excluída do uso devido a pigmentação que causa na dentina (Benson et al., 2024). O CIV modificado com esses antibióticos em concentrações de 0,045; 0,03 e 0,015, apresentou eficácia contra *Lactobacillus casei*, *Streptococcus mutans*. Além disso, foi observado que os aminoácidos de L-arginina promovem maior liberação de amônia, diminui a acidez e desmineralização do esmalte (Tada et al., 2016). O estudo também demonstrou que a adição de 0,025 de L-arginina ao adesivo resinoso ortodôntico tem um grande efeito contra *Streptococcus mutans* e não afeta a resistência a atração, evidenciando, assim, os efeitos contra microrganismos (Geraldieli et al., 2021).

A própolis é uma substância resinosa produzida pelas abelhas que contém compostos, como os flavonoides, capazes de reduzir a resistência à compressão do cimento de ionômero de vidro (CIV). Embora apresente boa atividade antimicrobiana e aumente a microdureza, sua incorporação pode comprometer as propriedades mecânicas do material, afetando negativamente a resina composta (Altunsoy et al., 2016; Aguilar-Perez et al., 2023; Prabhakar et al., 2016; Subramaniam et al., 2017). No entanto, Morais et al. Observaram que o extrato etanólico de própolis vermelho exerceu menor influência sobre a resistência à compressão, demonstrando efeitos menos prejudiciais ao CIV.

O CIV, apesar de possuir muitos benefícios, apresenta algumas limitações, como a translucidez reduzida, baixa resistência à compressão e elevada rugosidade que pode causar aderência de microrganismos. É um material que, para oferecer resultados satisfatórios, requer o cumprimento rigoroso das orientações de manuseio e da correta dosagem do material a ser aplicado, a fim de evitar a sinérese e a embebição (Muniz et al., 2020; Spezzi, 2017; Marakiby, et al., 2017; Nicholson et al., 2020).

As capacidades descritas desse material fazem dele um objeto de estudo fundamental e com necessidade de aprimoramento e pesquisas por parte dos profissionais da área, uma vez que é um material utilizado na Odontologia e que possui alto potencial para agir contra as cáries dentárias e garantir sua utilização nas práticas odontológicas de forma segura, eficiente e preventiva.

4. Conclusão

O cimento de ionômero de vidro (CIV) demonstra grande relevância como material restaurador bioativo, especialmente no contexto da prevenção e controle da cárie dentária. Sua capacidade de liberação de flúor, adesão química à estrutura dental e biocompatibilidade o tornam uma alternativa eficaz e duradoura em comparação a outros materiais restauradores. As modificações em sua formulação, por meio da incorporação de agentes como nanopartículas metálicas, biovidros, quitosana e extratos naturais, têm mostrado potencial para aprimorar suas propriedades antimicrobianas, mecânicas e remineralizadoras.

No entanto, os resultados ainda variam conforme o tipo e a concentração dos aditivos utilizados, sendo necessários mais estudos para estabelecer protocolos padronizados e avaliar os efeitos a longo prazo dessas modificações. De modo geral, o CIV se consolida como um material bioativo promissor, capaz de contribuir para restaurações com maior longevidade e melhor desempenho na prevenção da cárie secundária.

Referências

- Ana, I. D., & Anggraeni, R. (2021). Development of bioactive resin-modified glass ionomer cement for dental biomedical applications. *Heliyon*, 7(5), e05944. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05944>
- Aguilar-Pérez, D., Vargas-Coronado, R., Cervantes-U., J. M., Rodríguez-Fuentes, N., Aparicio, C., Covarrubias, C., Álvarez-Pérez, M., García-Pérez, V., Martínez-Hernández, M., & Cauchi-Rodríguez, J. V. (2020). Antibacterial activity of a glass ionomer cement doped with copper nanoparticles. *Dental Materials Journal*, 39(3), 389–396. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-046>
- Aguilar-Pérez, D. A., Torres-González, R., Acosta-Torres, L. S., & Patiño-Marín, N. (2023). Effect of propolis incorporation on the mechanical and antimicrobial properties of glass ionomer cements: A review and experimental evaluation. *Materials*, 16(3), 1227. <https://doi.org/10.3390/ma16031227>
- Altunsoy, M., Tanrıver, M., Türkan, U., Uslu, M. E., & Silici, S. (2016). In vitro evaluation of microleakage and microhardness of ethanolic extracts of propolis in different proportions added to glass ionomer cement. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 40(2), 136–140. <https://doi.org/10.17796/1053-4628-40.2.136>
- Bao, X., Liu, F., & He, J. (2021). Mechanical properties and water-aging resistance of glass ionomer cements reinforced with 3-aminopropyltriethoxysilane treated basalt fibers. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 116, 104369. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2021.104369>
- Benson, T. L., Sogi, S., Jain, M., Shahi, P., Dhir, S., & Shaju, J. C. (2024). Comparative evaluation of microhardness and solubility of different combinations of antibiotic powders added to glass ionomer cement: Na in vitro study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 17(6), 619–624. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-2850>
- Binas Junior, L. V., Barros, A. K. C., Silva, L. H. V., Gaia, L. G. T. M., Binas, I. W. V., & Mendonça, I. C. G. (2022). Cimento de ionômero de vidro: revisão de literatura. *Brazilian Journal of Health Review*, 5(2), –. <https://doi.org/10.34119/bjhrv5n2-257>
- Chen, J., Li, X., & Wang, Y., et al. (2020). Antibacterial and mechanical properties of reduced graphene–silver nanoparticle nanocomposite modified glass ionomer cements. *Journal of Dentistry*, 96, 103332. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103332>
- Cruz, N., Miglani, R., Indira, R., Poorni, S., Srinivasan, M. R., Robaian, A., Albar, N. H. M., Alhaidary, S. F. R., Binalrimal, S., Almalki, A., Vinothukmar, T. S., Dewan, H., Radawan, W., Mirza, M. B. M., Bhandi, S., & Patil, S. (2022). Evaluation of fluoride release in chitosan-modified glass ionomer cements. *International Dental Journal*, 72, 785–791. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2022.05.005>
- Dubey, N., Rajan, S. S., Bello, Y. D., Min, K.-S., & Rosa, V. (2017). Graphene nanosheets to improve physico-mechanical properties of bioactive calcium silicate cements. *Journal Materials*, 10(6), 606. <https://doi.org/10.3390/ma10060606>
- De Moraes Sampaio, G. A., de Sousa, F. F., Silva, R. A., & Carvalho, F. G. (2021). Antimicrobial properties, mechanics, and fluoride release of ionomicer cements modified by red propolis. *European Journal of Dentistry*, 15(2), 189–195. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1719159>
- El-Wassefy, N. A., El-Mahdy, R. H., & El-Kholany, N. R. (2017). Antibacterial activity and mechanical properties of glass ionomer cement incorporated with silver nanoparticles and chlorhexidine. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 29(3), 207–214. <https://doi.org/10.1111/jerd.12285>
- Fúcio, S. B., Paula, A. B. D., Sardi, J. C., Duque, C., Correr-Sobrinho, L., & Puppin-Rontani, R. M. (2016). *Streptococcus mutans* biofilm influences on the antimicrobial properties of glass ionomer cements. *Brazilian Dental Journal*, 27(6), 681–687. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201600913>
- Garoushi, S., Vallittu, P. K., & Lassila, L. V. J. (2018). Effect of discontinuous glass microfibers on mechanical properties of glass ionomer cement. *Biomaterial Investigations in Dentistry*. <https://doi.org/10.1080/23337931.2018.1491798>
- Garoushi, S., He, J., Vallittu, P. K., & Lassila, L. V. J. (2017). Hollow glass fibers in reinforcing glass ionomer cements. *PubMed*. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27836115/>
- Geraldelli, S., de Almeida Maia Carvalho, L., de Souza Araújo, I. J., Guarda, M. B., Nascimento, M. M., Bertolo, M. V. L., Di Nizo, P. T., Sinhoreti, M. A. C., & McCarlie, V. W., Jr. (2021). Incorporation of arginine to commercial orthodontic light-cured resin cements—Physical, adhesive, and antibacterial properties. *Materials*, 14(16), 4391. <https://doi.org/10.3390/ma1416439>

Giannini, M. (2021). "Bioactivity" in restorative dentistry: Standing for the use of innovative materials to improve the longevity of restorations in routine dental practice. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 23(2), 176–178.

Guo, T., Wang, D., & Gao, S. S. (2025). Efeito antibiofilme e mecanismo do cimento de ionômero de vidro modificado com nanofios de prata contra biofilme oral multiespécies. *BMC Oral Health*, 25, 160. <https://doi.org/10.1186/s12903-025-05536-y>

Guo, Q., Ma, L., Zhao, J., Xu, Y., & Zhang, L. (2023). Incorporation of silver nanowires into glass ionomer cement: antibacterial activity, mechanical properties, and color stability. *Journal of Dentistry*, 134, 104608. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104608>

Hammouda, I. M. (2009). Reinforcement of conventional glass-ionomer restorative material with short glass fibers. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 2(1), 73–81. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2008.04.002>

Jowkar, Z., Fattah, Z., Ghanbarian, S., & Shafiei, F. (2020). The effects of silver, zinc oxide, and titanium dioxide nanoparticles used as dentin pretreatments on the microshear bond strength of a conventional glass ionomer cement to dentin. *International Journal of Nanomedicine*, 15, 4755–4762. <https://doi.org/10.2147/IJN.S262664>

Kelsey, X. G., Ryan, Q., Chu, C.-H., & Yu, O. Y. (2023). Efeito preventivo das restaurações de cimento de ionômero de vidro na formação de cáries secundárias: uma revisão sistemática e meta-análise. *Materiais Dentários*, 39 (12), e1–e17. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2023.10.008>

Marakby, A., El-Sharkawy, F. M., & Hassan, H. A. (2017). Evaluation of anti-cariogenic properties among four types of glass ionomer cements. *Journal of Oral Dental Health*, 1(1), 1–5.

Medeiros, F. L., Dias, B. A. S., Silva, G. C. B., Mendes, J. L., Alves, L. N. S., & Vasconcelos, M. G. (2021). The use and inter-relationship of compound resin and glass ionomer cement (GIC) in sandwich restorations. *Research, Society and Development*, 10(6). <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15617>

Mesquita, D. C. M., Reges, R. V., da Cruz Peres, L. E., Pereira, C. M., Alves, D. R. S., de Carvalho, R. M., & dos Santos, F. G. (2020). Perfilometria dimensional do cimento de ionômero de vidro frente aos diferentes pH e tempos de armazenamento. *Revista Ciências e Odontologia*, 4(2), 44–50

Morales-Chávez, M. C., & Nualart-Grollmus, Z. C. (2014). Retention of a resin-based sealant and a glass ionomer used as a fissure sealant in children with special needs. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 6(5), e551–e555. <https://doi.org/10.4317/jced.51688>

Muniz, A. B., Bessa, E. R. L., de Holanda, M. A. R., Damasceno, A. G. R. L., de Souza Júnior, P. R. P., da Silva Melo, É. C., & Beiruth, C. P. (2020). Cimento de ionômero de vidro em odontopediatria: Revisão narrativa. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, 12(10), e3853. <https://doi.org/10.25248/reas.e3853.2020>

Nicholson, J. W., Sidhu, S. K., & Czarnecka, B. (2023). Fluoride exchange by glass-ionomer dental cements and its clinical effects: A review. *Biomaterial Investigations in Dentistry*, 10 (1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/26415275.2023.2244982>

Nicholson, J. W., Sidhu, S. K., & Czarnecka, B. (2020). Enhancing the mechanical properties of glass-ionomer dental cements: a review. *Materials*, 13(11), 2510. <https://doi.org/10.3390/ma13112510>

Pereira, A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [free ebook]. Santa Maria. Editora da UFSM.

Pereira, M. E. C., Felix, E. C., Carvalho Filho, E. M., Bezerra, E. S. O. R., Ferreira, K. G., Reis, S. S., & Schott, O. A. S. (2022). A importância do cimento de ionômero de vidro no atendimento odontológico. In VIII Seminário Científico do Unifacig, 27–28 out. <https://share.google/1osJC05NbEaioL6eg>

Poornima, P., Koley, P., Kenchappa, M., Nagaveni, N. B., Bharath, K. P., & Neena, I. E. (2019). Comparative evaluation of compressive strength and surface microhardness of EQUIA Forte, resin-modified glass-ionomer cement with conventional glass-ionomer cement. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 37(3), 265–270. https://doi.org/10.4103/JISPPD.JISPPD_342_18

Prabhakar, A. R., Balehosur, D. V., & Basappa, N. (2016). Comparative evaluation of shear bond strength and fluoride release of conventional glass ionomer with 1% ethanolic extract of propolis incorporated glass ionomer cement—Na in vitro study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 10(5), ZC88–ZC91. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/19220.7871>

Rother, E. T. (2007). Revisão sistemática x revisão narrativa. *Acta Paulista de Enfermagem*. 20(2), 5–6.

Sari, F., & Ugurlu, M. (2023). Reforço de cimento de ionômero de vidro modificado por resina com fibra de vidro e óxido de grafeno. *Revista de Comportamento Mecânico de Materiais Biomédicos*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.jmmbm.2023.105850>

Sidhu, S. K., & Nicholson, J. W. (2016). A review of glass-ionomer cements for clinical dentistry. *Journal of Functional Biomaterials*, 7 (16), 1–15. (<https://www.mdpi.com/2079-4983/7/3/16>)

Silva, B. A. C., Silva, E. B. V., Moraes, R. A., Santos, R. S., Soares, A. F., & Vieira, I. M. (2024). Novas formulações e perspectivas futuras do cimento de ionômero de vidro: uma revisão narrativa. *Research, Society and Development*, 13 (11). <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v13i11.47401>

Silva, D. O. C., Silva, I. M., Rocha, A. O., Anjos, L. M., Lima, T. O., Santos, R. M. dos A., & Cruz, B. P. (2021). Cimento de ionômero de vidro e sua aplicabilidade na odontologia: uma revisão narrativa com ênfase em suas propriedades. *Research, Society and Development*, 10 (5). <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14884>

Silva, R. C. S., & Zuanon, A. C. C. (2005). Evaluation of the antimicrobial activity of glass ionomer cements modified by silver nitrate and chlorhexidine. *Brazilian Dental Journal*, 16(2), 103–107. <https://doi.org/10.1590/S0103-64402005000200004>

Spezzia, S. (2017). Cimento de ionômero de vidro: Revisão de literatura. *Journal of Oral Investigations*, 6(2), 74.

Srikurmam, M., Shetty, S. S., Mehta, V., Rizawan, S. A., & Ainda, M. (2023). A comprehensive evaluation of zirconia-reinforced glass ionomer cement's effectiveness in dental caries: A systematic review and network meta-analysis. *Dent J (Basel)*, 11 (9).

<https://doi.org/10.3390/dj11090211>

Subramaniam, P., Girish Babu, K. L., Neeraja, G., & Pillai, S. (2017).

Does addition of propolis to glass ionomer cement alter its physicomechanical properties? Na in vitro study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 41(1), 62–65. <https://doi.org/10.17796/1053-4628-41.1.62>

Sundeep, D., Vijaya Kumar, T., Rao, P. S., Ravikumar, R. V. S. S. N., & Gopala Krishna, A. (2017). Green synthesis and characterization of Ag nanoparticles from *Mangifera indica* leaves for dental restoration and antibacterial applications. *Progress in Biomaterials*, 6, 57-66. <https://doi.org/10.1007/s40204-017-0067-9>

Sun, L., Yan, Z., Duan, Y., Zhang, J., & Liu, B. (2018). Improvement of the mechanical, tribological and antibacterial properties of glass ionomer cements by fluorinated graphene. *Journal Dental Materials*, 34(6), e115–e127. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.02.006>

Tada, A., Nakayama-Imaoji, H., Yamasaki, H., Hasibul, K., Yoneda, S., Uchida, K., Nariya, H., Suzuki, M., Miyake, M., & Kuwahara, T. (2016). Cleansing effect of acidic L-arginine on human oral biofilm. *BMC Oral Health*, 16, 40. <https://doi.org/10.1186/s12903-016-0194-z>

Tanaka, C. B., Ershad, F., Ellakwa, A., & Kruzic, J. J. (2020). Fiber reinforcement of a resin-modified glass ionomer cement. *Journal Dental Materials*, 36(12), 1516-1523. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.09.003>

Uzel, I., Gurleck, C., Kuter, B., Ertugrul, F., & Eden, E. (2022). Efeito preventivo de cáries e retenção de selantes à base de ionômero de vidro e resina: uma avaliação clínica comparativa randomizada. *BioMed Research International*, 2022, 7 páginas. <https://doi.org/10.1155/2022/7205692>

Vallittu, P. K., Boaccaccini, A. R., Hupa, L., & Watts, D. C. (2018). Materiais dentários bioativos — Eles existem e o que significa bioatividade? *Materiais Dentários*, 34 (5), 693–694. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.03.001>

Wassel, M. O., & Allam, G. G. (2022). Anti-bacterial effect, fluoride release, and compressive strength of a glass ionomer containing silver and titanium nanoparticles. *Indian Journal of Dental Research*, 33 (1), 75–79. https://doi.org/10.4103/ijdr.IJDR_117_20

Yamakami, S. A., Ubaldini, A. L., Sato, F., Medina Neto, A., Pascotto, R. C., & Baesso, M. L. (2018). Study of the chemical interaction between a high-viscosity glass ionomer cement and dentin. *Journal of Applied Oral Science*, 26. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2017-0384>

Zhang, Y., et al. (2025). A scoping review of hydroxyapatite-modified glass ionomer cements used for restorative dentistry. *Journal of Dentistry*, 163. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.106149>