



Characteristics of compomers containing bioactive particles: an integrative review

Samara de Freitas Guimarães¹; Geovana Manoela Amaral²; Lucas Vinícius Lima Maia Miranda³;
Genivaldo Cavalcante Cardoso Júnior⁴; Yasmim da Silva Tavares⁵; Ana Clara de Lima Campelo da Conceição⁶;
Bruno Maciel Ribeiro Teixeira⁷; Luciana Gabryele Leitão Reis⁸;
Rosalia Mendes Machado⁹; Thaís Mariana Barbosa Coelho¹⁰;

ISSN: 2178-7514

Vol. 16 | N.º. 1 | Ano 2024

RESUMO

A cárie um processo complexo que envolve a desmineralização e destruição dos tecidos duros do dente, como esmalte, dentina e cimento. Os microrganismos presentes no biofilme dental metabolizam açúcares e carboidratos e secretam ácidos como subproduto. O ácido erode gradativamente os minerais do esmalte, levando à sua desmineralização. Este processo enfraquece a estrutura do dente e cria pequenos poros são lesões incipientes na superfície do esmalte esse processo ocorre e é equilibrado pela capacidade tampão da saliva e dos fluoretos. Diante deste contexto, o controle das lesões consiste em remoção do biofilme e o equilíbrio nas reações de desmineralização e remineralização. O processo de remineralização ocorre naturalmente através de minerais presentes na saliva, que devolvem os minerais perdidos durante a desmineralização. Com o advento de inúmeras tecnologias e novas abordagens para incorporação de partículas bioativas no compósito restaurador dental é necessários estudos que investiguem e compare as características e o comportamento destes. As partículas bioativas apresentam características interessantes para a prevenção da desmineralização dos tecidos dentais e um efeito de proteção da interface restauradora através da liberação de íons e efeito de recarga. Esse trabalho teve como objetivo revisar a literatura em relação às características de compósitos resinosos contendo partículas bioativas.

Palavras-chave: Vidro bioativo; Biocerâmica; Compósito dentário; Cárie dental.

ABSTRACT

Caries is a complex process that involves the demineralization and destruction of the hard tissues of the tooth, such as enamel, dentin and cementum. The microorganisms present in the dental biofilm metabolize sugars and carbohydrates and secrete acids as a by-product. The acid gradually erodes the minerals in the enamel, leading to its demineralization. This process weakens the tooth structure and creates small pores are incipient lesions on the enamel surface this process occurs and is balanced by the buffering capacity of saliva and fluorides. In this context, controlling lesions consists of removing the biofilm and balancing the demineralization and remineralization reactions. The remineralization process occurs naturally through minerals present in saliva, which return the minerals lost during demineralization. With the advent of numerous technologies and new approaches for incorporating bioactive particles into dental restorative composites, studies are needed to investigate and compare their characteristics and behavior. Bioactive particles have interesting characteristics for the prevention of demineralization of dental tissues and a protective effect on the restorative interface through the release of ions and recharge effect. This work aimed to review the literature regarding the characteristics of resin composites containing bioactive particles.

Keywords:

Keywords: Bioactive Glass; Bioceramic; Dental composite; Dental caries.

1 Graduada em Odontologia - Centro Universitário de João Pessoa – UNIPÊ.

2 Graduanda em Odontologia pelo Centro Universitário UNDB.

3 Graduando em Odontologia pela Faculdade Anhanguera de São Luís.

4 Graduando em Odontologia pela Faculdade Anhanguera de São Luís.

5 Graduanda em Odontologia pela FINAMA

6 Graduanda em Odontologia Centro Universitário Fibra

7 Graduando em Odontologia pela Faculdade Anhanguera de São Luís.

8 Graduanda em Odontologia pela Faculdade Anhanguera de São Luís.

9 Graduanda em Odontologia pela Itpac

10 Graduanda em Odontologia pela Faculdade FINAMA

Autor de correspondência

Samara de Freitas Guimarães - guimaraesodonto1@gmail.com

INTRODUÇÃO

Atualmente a carie dentária ainda é um problema de saúde pública que acomete jovens e adultos em todo o mundo sendo uma doença de grande incidência e prevalência. Tal patologia se dá por um desvio envolvendo bactérias e carboidratos fermentáveis associado a diferentes fatores. É um processo complexo que envolve a desmineralização e destruição dos tecidos duros do dente, como esmalte, dentina e cimento¹.

Os microrganismos presentes no biofilme dental metabolizam açúcares e carboidratos e secretam ácidos como subproduto. Esses ácidos reduzem o pH da oral a um pH crítico (6,5 para esmalte e 5,5 dentinas) criando um ambiente ácido que pode dissolver a estrutura mineralizada do dente².

O ácido erode gradativamente os minerais (principalmente cálcio e fosfato) do esmalte, levando à sua desmineralização. Este processo enfraquece a estrutura do dente e cria pequenos poros são lesões incipientes na superfície do esmalte esse processo ocorre diariamente e é equilibrado pela capacidade tampão da saliva e fluoretos. Ao existir um desequilíbrio nesse processo em função do tempo as lesões evoluem até a cavitação³.

Diante deste contexto, o controle das lesões consiste em remoção do biofilme e o equilíbrio nas reações de desmineralização e remineralização⁴. O processo de remineralização ocorre naturalmente através de minerais presentes na saliva, que devolvem os minerais perdidos durante a desmineralização⁵.

O uso de fluoretos é difundido na Odontologia por ser bacteriostático e tornar os tecidos dentais mais ácidos resistentes ao se ligar na estrutura da hidroxiapatita presente nos prismas de esmalte transformando-a em fluorapatita. A fluorapatita além de proporcionar maior resistência a desmineralização também torna o esmalte mecanicamente mais resistente⁶.

Um dos materiais que mais libera flúor na cavidade é o Cimento de Ionômero de vidro (CIV), por selar a cavidade de cárie promover a liberação de flúor e apresentar um efeito de recarga, o que permite uma longa liberação⁷.

Contudo a eficiência do CIV no tratamento se torna falho por não apresentar boa resistência mecânica e eficiência estética, o ionômero não é indicado para restaurações definitivas⁸.

O uso das resinas compostas, tanto em dentes anteriores quanto em posteriores, é amplamente difundido e indicado devido aos avanços alcançados pelo material durante a evolução da odontologia adesiva, desde o advento do condicionamento ácido do esmalte dental⁹. Assim como, na década de 1960, com a introdução das resinas compostas no ambiente odontológico⁹. As restaurações adesivas funcionam como se o remanescente dental e a resina fossem um único substrato, dissipando as tensões geradas pela mastigação, preservando a estrutura dental e a integridade da restauração¹⁰.

Apesar das vantagens descritas, as resinas compostas tendem a sofrer degradação ao longo do tempo diminuindo sua longevidade¹¹. Os

principais problemas detectados pelos clínicos são o desgaste, a descoloração, a micro infiltração e a fratura da restauração¹². O uso de restaurações adesivas que sejam resistentes a micro infiltração marginal e consequentemente resistentes a cárie secundária, torna-se uma busca constante na ciência restauradora¹³.

Consagrado pela literatura o cimento de ionômero de vidro (CIV) apresenta uma característica essencial muito positiva: sua capacidade de liberar íon de flúor sendo capaz de prevenir desmineralização e aumentar a remineralização do esmalte dentário e interface restauradora, minimizando o risco de cárie secundária¹⁴. O flúor concomitante ao poder remineralizador interfere negativamente no metabolismo bacteriano presente no biofilme cariogênico principalmente *Streptococcus mutans* e *Streptococcus sobrinus*, algumas espécies protagonistas na etiologia da doença¹⁵.

Diante dessas qualidades, o cimento ionômero apresenta algumas desvantagens como baixa resistência mecânica e microdureza, que o torna susceptível ao desgaste¹⁶ e propriedades ópticas e estética insatisfatórias, quando comparado aos compósitos¹⁷.

Com o propósito de unir as propriedades estéticas e físicas da resina composta aos benefícios do ionômero de vidro, se iniciou a incorporação de partículas bioativas, como bioceânicas, liberação de íons, criou-se a PRG technology (Giomer) com o intuito de neutralizar os ácidos na interface e prolongar a vida das restaurações¹⁸.

Com o advento de inúmeras tecnologias e novas abordagens para incorporação de tais partículas no compósito restaurador dental é necessários estudos que investiguem e compare as características e o comportamento destes¹⁹.

Esse trabalho teve como objetivo revisar a literatura em relação às características de compósitos resinosos contendo partículas bioativas.

REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura compreendeu a busca de artigos referentes ao uso de partículas bioativas na base de dados Medline Plataforma Pubmed, considerando a palavra chave “Bioactive Glass; ou Bioceramic; ou Dental composite; ou Dental caries, ou ambas associadas”, de janeiro 2013 á maio de 2023.

Os critérios para inclusão foram: artigos Inéditos, no idioma inglês, que apresentassem dados quantitativos e qualitativos referentes a caracterização e propriedades mecânica. Foram excluídos: Revisões de literatura e estudos clínicos.

Foram encontrados 82 artigos científicos, neste momento realizou-se a leitura apenas dos títulos pelos autores, destes foram excluídos 51 por conterem critérios de exclusão explícito no título, 33 artigos restantes tiveram a seleção realizada pela leitura do abstract e foram eliminados 3.

Assim, na leitura exploratória foram selecionados 30 artigos que compuseram esta revisão integrativa.

EM ANEXO

DISCUSSÃO

Em relação aos resultados de dureza temos uma heterogeneidade em relação aos testes aplicados²⁰. Contudo os testes aplicados para investigar a resistência à penetração durante o período de investigação do presente estudo foram: Teste de Microdureza Vickers e Microdureza Knoop²¹.

Realizaram testes de Microdureza Knoop em resinas solvatadas com silicato de cálcio e silicato de nióbio na interface restauradora e concluíram que a presença dos ativos melhorou o desempenho do adesivo na interface quando comparado a uma associação de uma resina convencional e sistema adesivo²².

De encontro ao estudo realizado em 2016 observou nas resinas contendo PRG technology (Giomer) que as propriedades micromecânicas aumentaram progressivamente em um padrão de dependência tempo, mas em uma extensão de tempo diferente²¹. Semelhante aos resultados de outros estudos que estudaram a microdureza em lesões cervicais não cariosas²³. Tais estudos convergem com os estudos, a adição de bi vidro ativo e hidroxiapatita em compômeros melhorou as propriedades de resistência à desmineralização do esmalte, dependendo da quantidade de adicionada²⁴. A resina bioativa contendo partículas de S-PRG não diferiu do controle e apresentou a maior microdureza²⁵.

Diferente dos estudos citados, foi observados resultados de dureza Vickers inferior nas resinas bulk fil contendo biocerâmico após a termociclagem quando comparado ao Ketac (Cimento de ionômero de vidro convencional). Os resultados de alteração superficial após o desafio ácido com ácido clorídrico em CIV e resina composta contendo partícula bioativa também foi observado por onde o CIV também mostrou com melhor desempenho^{26,27}.

Se levarmos em consideração para a discussão alterações superficiais mediante ao desafio de pH demonstraram uma capacidade alcalinizante e resultados superiores de micro dureza o que sugere um efeito protetor duradouro no esmalte adjacente à interface restauradora, mesmo estudando um material híbrido Cention N, mas contendo partículas bioativas que podem nos posicionar também nessa discussão²⁰.

Estudos sugerem que se faça a escolha do biomaterial restaurador principalmente pela facilidade de manuseio, considerando as propriedades mecânicas. Entre as propriedades mecânicas mais importantes a resistência à compressão deve ser considerada, por comumente se utilizar compósitos para realizar grandes reconstruções e geralmente substituem muito volume de estrutura do dental e devem fornecer resistência suficiente para resistir às forças de compressão e tração intraoral que são produzidos fisiologicamente. A resistência à flexão consiste em avaliar a resistência do material e a quantidade da distorção esperada sob tensão de flexão.

Estudos realizados com partículas de bi vidro incluídas em resina composta e silicato de nióbio respectivamente realizaram teste de resistência a flexão. Os resultados demonstram que as partículas de nióbio podem ser utilizadas como fase inorgânica do compósito resinoso do ponto de vista mecânico e tendo ação bioativa como descrito acima^{21, 28}. Em concordância, descreveu-se as interfaces resinas/adesivo/dentina (RAD) contendo silicato de cálcio submetidos a resistência flexural de três pontos foi melhor que convencional (RAD), apresentando um efeito terapêutico e protetor nas propriedades mecânicas na interface²¹. Que apresentou estudos semelhantes²⁹.

Em contrapartida, o uso de Bioglass 45S5 não é eficiente quanto o uso do vidro bioativo contendo flúor e fosfato em marcas comerciais mediante à resistência a flexão e fadiga à flexão³⁰. Diante dos resultados pode se observar que o mesmo teste pode apresentar variações dependentes do meio ambiente ou desafios cariogênicos³¹. O que corrobora com os resultados de Microdureza de May & Donly, mesmo considerando a incomparabilidade de ambos os testes³².

Em relação à resistência ao cisalhamento, ACTIVA™ BioActive Restorative apresentou melhores resultados em dentina quando comparado ao Cimento de ionômero de vidro modificado por resina³³. Que converge com o estudo que avaliaram a resistência de união ao cisalhamento na interface dentina/restauração

que foi maior nos materiais contendo bioativos com a capacidade de liberar íons de cálcio^{35,36}.

De acordo com os estudos de microinfiltração de materiais contendo partículas bioativas de silicato de cálcio apresentaram melhor desempenho do que materiais convencionais sem partículas bioativas diante de um desafio ácido^{37, 38}. Não houve diferença em relação ao teste de microinfiltração dos materiais bioativos e ionômero de vidro e resina convencional³⁸.

Ao se considerar os resultados de microinfiltração podemos também compilar os dados de imagem de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e densidade ótica sugerem que materiais bioativos apresentam uma maior espessura na interface com maior remineralização e capacidade de inibir a desmineralização no regime de ciclagem de pH de acordo com a quantidade de íons de flúor liberados pelos espécimes³⁹. O CIV apresentou maior quantidade, contudo os resultados de compósitos contendo bioativos foi maior quando comparados com materiais^{40,41}.

Outros estudos de EDX, contração de polimerização, espectrofotometria de massa e análise de íons específicos apresentam resultados promissores quanto ao uso de partículas bioativas mesmo levando em consideração o uso de diferentes materiais^{42,43}.

Tais estudos podem ilustrar o desempenho de compósitos com substâncias bioativas independente de sua apresentação⁴⁴. Diante do exposto e das limitações dos estudos investigados pode-se considerar que embora as

partículas flúor boro silicato, silicato de cálcio e Surface Pre Reacted Glass ionomer (S-PRG) tenham potencial bioativo através da liberação de íons e estabilidade da integridade marginal e da superfície dos materiais bioativos é um parâmetro-chave a ser avaliado em relação ao seu potencial cariostático.

Contudo existem poucos estudos longitudinais com mais de oito anos de acompanhamento que avaliem o desempenho clínico e de seu potencial preventivo de carie secundária ou reincidência para avaliar melhor o desempenho mecânico de tais materiais novos estudos devem ser realizados considerando a análise de superfície e o potencial do desafio de pH para esclarecer melhor seu desempenho^{45,46}.

O presente estudo deve considerar que o uso de substâncias bioativas melhora o desempenho da interface minimiza a desmineralização sem alterar algumas propriedades mecânicas, contudo sofrem alteração de superfície em relação ao desafio de pH.

CONCLUSÃO

Conclui-se que os materiais bioativos investigados são capazes melhorar o desempenho da interface minimiza a desmineralização sem alterar algumas propriedades mecânicas, mas sofrem alteração superficial.

REFERÊNCIAS

- 1 Wen PYF, Chen MX, Zhong YJ, Dong QQ, Wong HM. Global Burden and Inequality of Dental Caries, 1990 to 2019. *J Dent Res.* 2022 Apr;101(4):392-399.
- 2 Grigalauškienė R, Slabšinskienė E, Vasiliauskienė I. Biological approach of dental caries management. *Stomatologija.* 2015;17(4):107-12.
- 3 Stookey GK, Featherstone JD, Rapozo-Hilo M, Schemehorn BR, Williams RA, Baker RA, Barker ML, Kaminski MA, McQueen CM, Amburgey JS, Casey K, Faller RV. The Featherstone laboratory pH cycling model: a prospective, multi-site validation exercise. *Am J Dent.* 2011 Oct;24(5):322-8.
- 4 Oliveira PHC, Oliveira MRC, Oliveira LHC, Sfalcin RA, Pinto MM, Rosa EP, Melo Deana A, Horliana ACRT, César PF, Bussadori SK. Evaluation of Different Dentifrice Compositions for Increasing the Hardness of Demineralized Enamel: An in Vitro Study. *Dent J (Basel).* 2019 Feb 4;7(1):14
- 5 Rugg-Gunn A. Dental caries: strategies to control this preventable disease. *Acta Med Acad.* 2013 Nov;42(2):117-30.
- 6 Cury JA, Ricomini-Filho AP, Berti FLP, Tabchoury CP. Systemic Effects (Risks) of Water Fluoridation. *Braz Dent J.* 2019 Oct 7;30(5):421-428.
- 7 Pitts NB, Twetman S, Fisher J, Marsh PD. Understanding dental caries as a non-communicable disease. *Br Dent J.* 2021 Dec;231(12).
- 8 Dias AGA, Magno MB, Delbem ACB, Cunha RF, Maia LC, Pessan JP. Clinical performance of glass ionomer cement and composite resin in Class II restorations in primary teeth: A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2018 Jun;73:1-13.
- 9 Bowen, RL. Properties of silica-reinforced polymer for dental restorations. *J Am Dent Assoc* 1963;66(1):57-64.
- 10 Mjor IA, & Moorhead JE (1998) Selection of restorative materials, reasons for replacement, and longevity of restorations in Florida *Journal of the American College of Dentists* 65(3) 27-33.
- 11 Pallesen U, van Dijken JW. A randomized controlled 27 years follow up of three resin composites in Class II restorations. *J Dent.* 2015 Dec;43(12):1547-58.; Epub 2015 Sep 9.
- 12 Cadenaro M, Josic U, Maravić T, Mazzitelli C, Marchesi G, Mancuso E, Breschi L, Mazzoni A. Progress in Dental Adhesive Materials. *J Dent Res.* 2023 Mar;102(3):254-262. Epub 2023 Jan 24
- 13 Pereira-Cenci T, Cenci MS, Fedorowicz Z, Marchesan MA. Antibacterial agents in composite restorations for the prevention of dental caries. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009 Jul 8;(3).
- 14 Bollu, I. P., Hari, A., Thumu, J., Velagula, L. D., Bolla, N., Varri, S., ... Nalli, S. V. (2016). Comparative evaluation of microleakage between nano-ionomer, giomer and resin modified glass ionomer cement in class V cavities-CLSM Study; *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*,10(5), ZC66-ZC70.
- 15 Rusnac, M. E., Gasparik, C., Irimie, A. I., Grecu, A. 22-G., Mesaroş, A. Ş., & Ducea, D. (2019). Giomers in dentistry -at the boundary between dental composites and glass-ionomers. *Medicine and pharmacy reports*,92(2), pp. 123-128.
- 16 Dekel-Steinkeller M, Weiss EI, Samovici TL, Abramovitz I. Antibacterial performance of composite containing quaternary ammonium silica (QASi) filler - A preliminary study. *J Dent.* 2022 Aug;123:104209.
- 17 Neto CCL, das Neves AM, Arantes DC, Sa TCM, Yamauti M, de Magalhães CS, Abreu LG, Moreira AN. Evaluation of the clinical performance of GIOMERs and comparison with other conventional restorative materials in permanent teeth: a

- systematic review and meta-analysis. *Evid Based Dent.* 2022 Aug 1.
- 18 Melo MAS, Mokeem I, Sun J. Bioactive Restorative Dental Materials-The New Frontier. *Dent Clin North Am.* 2022 Oct;66(4):551-566.
- 19 Par M, Tarle Z, Hickel R, Ilie N. Mechanical properties of experimental composites containing bioactive glass after artificial aging in water and ethanol. *Clin Oral Investig.* 2019 Jun;23(6):2733-2741
- 20 Profeta AC. Preparation and properties of calcium-silicate filled resins for dental restoration. Part II: Micro-mechanical behaviour to primed mineral-depleted dentine. *Acta Odontol Scand.* 2014 Nov;72(8):607-17.
- 21 Ilie N, Stawarczyk B. Evaluation of modern bioactive restoratives for bulk-fill placement. *J Dent.* 2016 Jun;49:46-53. doi: 10.1016/j.jdent.2016.04.001. Epub 2016 Apr 7.
- 22 Bhatia K, Nayak R, Ginjupalli K. Comparative evaluation of a bioactive restorative material with resin modified glass ionomer for calcium-ion release and shear bond strength to dentin of primary teeth-an in vitro study. *J Clin Pediatr Dent.* 2022 Nov;46(6):25-32
- 23 Gorken FN, Kuru S, Batu S, Guven Y, Sepet E. Compomers Reinforced with Bioactive Glass and Hydroxyapatite Particles. *Oral Health Prev Dent.* 2018;16(5):431-438
- 24 Garcia IM, Balhaddad AA, Aljuboori N, Ibrahim MS, Mokeem I, Ogubunka A, Collares FM, de Melo MAS. Wear Behavior and Surface Quality of Dental Bioactive Ions-Releasing Resins Under Simulated Chewing Conditions. *Front Oral Health.* 2021 Feb 12;2:628026
- 25 May E, Donly KJ. Fluoride release and re-release from a bioactive restorative material. *Am J Dent.* 2017 Dec;30(6):305-308.
- 26 Balbinot GS, Leitune VCB, Ogliari FA, Collares FM. Niobium silicate particles as bioactive fillers for composite resins. *Dent Mater.* 2020 Dec;36(12).
- 27 Wuerschling SN, Högg C, Kohl L, Reichl FX, Hickel R, Kollmuss M. Leaching components and initial biocompatibility of novel bioactive restorative materials. *Dent Mater.* 2023 Mar;39(3):293-304
- 28 Alrahlah A. Diametral Tensile Strength, Flexural Strength, and Surface Microhardness of Bioactive Bulk Fill Restorative. *J Contemp Dent Pract.* 2018 Jan 1;19(1).
- 29 Tezvergil-Mutluay A, Seseogullari-Dirihan R, Feitosa VP, Cama G, Brauer DS, Sauro S. Effects of Composites Containing Bioactive Glasses on Demineralized Dentin. *J Dent Res.* 2017 Aug;96(9):999-1005.
- 30 Turkistani A, Nasir A, Merdad Y, Jamleh A, Alshouibi E, Sadr A, Tagami J, Bakhsh TA. Evaluation of microleakage in class-II bulk-fill composite restorations. *J Dent Sci.* 2020 Dec;15(4):486-492.
- 31 Garoushi S, Vallittu PK, Lassila L. Characterization of fluoride releasing restorative dental materials. *Dent Mater J.* 2018 Mar 30;37(2):293-300.
- 32 Ong J, Yap AU, Abdul Aziz A, Yahya NA. Flexural Properties of Contemporary Bioactive Restorative Materials: Effect of Environmental pH. *Oper Dent.* 2023 Jan 1;48(1):90-97.18
- 33 Sadeghyar A, Lettner S, Watts DC, Schedle A. Alternatives to amalgam: Is pretreatment necessary for effective bonding to dentin? *Dent Mater.* 2022 Nov;38(11):1703-1709. doi: 10.1016/j.dental.2022.08.011. Epub 2022 Sep 15.
- 34 Willers AE, Branco TB, Sahadi BO, Faraoni JJ, Dibb RGP, Giannini M. Effect of erosive challenge with HCl on restorative materials. *Clin Oral Investig.* 2022 Aug;26(8):5189-5203.
- 35 Adeyeye A, Spivey V, Stoeckel D, Welch D. Comparison of the marginal microleakage of a bioactive composite resin and traditional dental restorative materials. *Gen Dent.* 2023 May-Jun;71(3).
- 36 Amaireh AI, Al-Jundi SH, Alshraideh HA. In vitro evaluation of microleakage in primary teeth restored with three adhesive materials: ACTIVA™, composite resin, and resin-modified glass ionomer. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2019 Aug;20(4).
- 37 Porenczuk A, Jankiewicz B, Naurecka M, Bartosewicz B, Sierakowski B, Gozdowski D, Kostecki J, Nasilowska B, Mielczarek A. A comparison of the remineralizing potential of dental restorative materials by analyzing their fluoride release profiles. *Adv Clin Exp Med.* 2019 Jun;28(6).
- 38 Yap AU, Choo HS, Choo HY, Yahya NA. Flexural Properties of Bioactive Restoratives in Cariogenic Environments. *Oper Dent.* 2021 Jul 1;46(4):448-456. doi: 10.2341/20-045-L.
- 39 Leão IF, Araújo N, Scotti CK, Mondelli R, de Amoêdo Campos Velo MM, Bombonatti J. The Potential of a Bioactive, Pre-reacted, Glass-Ionomer Filler Resin Composite to Inhibit the Demineralization of Enamel in Vitro. *Oper Dent.* 2021 Jan 1;46(1):E11-E20. doi: 10.2341/19-151-L. Erratum in: *Oper Dent.* 2021 May 1;46(3):348-349.
- 40 Raghup AG, Comisi JC, Hamama HH, Mahmoud SH. In vitro elemental and micromorphological analysis of the resin-dentin interface of bioactive and bulk-fill composites. *Am J Dent.* 2023 Feb;36(1):3-7.
- 41 Yoshihara K, Nagaoka N, Maruo Y, Sano H, Yoshida Y, Van Meerbeek B. Bacterial adhesion not inhibited by ion-releasing bioactive glass filler. *Dent Mater.* 2017 Jun;33(6):723-734. doi: 10.1016/j.dental.2017.04.002. Epub 2017 Apr 29.
- 42 Marovic D, Par M, Tauböck TT, Haugen HJ, Negovetic Mandic V, Wüthrich D, Burrer P, Zheng K, Attin T, Tarle Z, Boccaccini AR. Impact of Copper-Doped Mesoporous Bioactive Glass Nanospheres on the Polymerisation Kinetics and Shrinkage Stress of Dental Resin Composites. *Int J Mol Sci.* 2022 Jul 25;23(15):8195.
- 43 Ozer F, Patel R, Yip J, Yakymiv O, Saleh N, Blatz MB. Five-year clinical performance of two fluoride-releasing giomer resin materials in occlusal restorations. *J Esthet Restor Dent.* 2022 Dec;34(8):1213-1220.
- 44 Deepika U, Sahoo PK, Dash JK, Baliarsingh RR, Ray P, Sharma G. Clinical evaluation of bioactive resin-modified glass ionomer and giomer in restoring primary molars: A randomized, parallel-group, and split-mouth controlled clinical study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2022 Jul-Sep;40(3):288-296.
- 45 Buonocore, MA. Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling Materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955;34(6):849-853.
- 46 Lee MJ, Seo YB, Seo JY, Ryu JH, Ahn HJ, Kim KM, Kwon JS, Choi SH. Development of a Bioactive Flowable Resin Composite Containing a Zinc-Doped Phosphate-Based Glass. *Nanomaterials (Basel).* 2020 Nov 22;10(11):2311.
- 47 Pameijer CH, Garcia-Godoy F, Morrow BR, Jefferies SR. Flexural strength and flexural fatigue properties of resin-modified glass ionomers. *J Clin Dent.* 2015;26(1):23-7.

Observação: os/(as) autores/(as) declaram não existir conflitos de interesses de qualquer natureza.

Tabela 1- Artigos selecionados.

	MATERIAL	ENSAIO	CONCLUSÃO
Garcia IM, <i>et al</i> (2021) Wear Behavior and Surface Quality of Dental Bioactive Ions-Releasing Resins Under Simulated Chewing Conditions.	TPH 3 Flow, Activa BioRestorative, BioCoat, Beautifil Flow Plus	Dureza Vickers	A resina bioativa contendo partículas de S-PRG não diferiu do controle e apresentou a maior microdureza.
Gorken FN, <i>et al</i> (2018) Compomers Reinforced with Bioactive Glass and Hydroxyapatite Particles.	Vidro Bioativo, Hidroxiapatita	Resistência à flexão e módulo de elasticidade e microdureza a Vickers.	Dentro dos limites deste estudo, a adição de BAG e HA em compômeros melhorou as propriedades de resistência à desmineralização do esmalte, dependendo da quantidade de aditivo.
Wuersching SN, <i>et al</i> (2023) Leaching components and initial biocompatibility of novel bioactive restorative materials.	ACTIVA Bulk Fill	Dureza Vickers	Ketac teve o maior valor de VHN antes e depois da termociclagem.
Bhatia K, <i>et al</i> (2022) Comparative evaluation of a bioactive restorative material with resin modified glass ionomer for calcium-ion release and shear bond strength to dentin of primary teeth-an <i>in vitro</i> study.	Giomer	Dureza Vickers	ACTIVA™ BioActive Restorative mostrou um SBS médio significativamente maior para a dentina primária e liberação de íons de cálcio significativamente maior em comparação com Fuji II LC.
Ilie N, Stawarczyk B. (2016) Evaluation of modern bioactive restoratives for bulk-fill placement.	Giomer	Dureza Vickers	As propriedades micromecânicas aumentaram progressivamente com o tempo de imersão em ambos os restauradores, com um padrão de dependência do tempo comparável, mas em uma extensão diferente.

May E, Donly KJ.(2017) Fluoride release and re-release from a bioactive restorative material.	Admira Fusion,BioActive-Restorative, Charisma, Equia Forte, Filtek Universal Restorative	Microdureza.	Os compósitos apresentaram pequenas alterações superficiais após HCl, o que não foi observado para o cimento de ionômero de vidro (EF). A FU apresentou o melhor desempenho quanto aos parâmetros avaliados.
Profeta AC(2014) Preparation and properties of calcium-silicate filled resins for dental restoration . Part II: Micro-mechanical behaviour to primed mineral-depleted dentine.	Resinas solvatadas, Silicato de cálcio	Microdureza Knoop	As resinas compostas preenchidas com silicato de cálcio tiveram melhor desempenho do que um adesivo convencional e tiveram um efeito terapêutico/protetor nas propriedades micromecânicas das interfaces resina-dentina com depleção mineral.
Par M, <i>et al</i> (2021) Anti-demineralizing protective effects on enamel identified in experimental and commercial restorative materials with functional fillers.	Cention N	Microdureza Knoop	Embora os materiais que mostraram capacidade alcalinizante pronunciada também tenham mostrado um efeito protetor mais duradouro, a proteção do esmalte contra a desmineralização também foi alcançada sem uma alcalinização pronunciada
Pinto MFC, <i>et al</i> (2018) Effect of Bioactive Composites on Microhardness of Enamel Exposed to Carious Challenge.	Nanopartículas de fosfato de cálcio	Microdureza Knoop	Os compósitos contendo DCPD reduziram a desmineralização do esmalte em comparação com um compósito convencional.
Balbinot GS, <i>et al</i> (2020) Niobium silicate particles as bioactive fillers for composite resins .	Partículas de silicato de nióbio	resistência à flexão	Partículas de silicato de nióbio podem ser utilizadas como carga inorgânica alternativa para alcançar um equilíbrio adequado entre propriedades físico-químicas e biológicas para o desenvolvimento de resinas compostas bioativas.

<p>Profeta AC. (2014) Preparation and properties of calcium-silicate filled resins for dental restoration. Part I: chemical-physical characterization and apatite-forming ability.</p>	<p>Vidro bioativo 45S5</p>	<p>Resistência à flexão, módulo de flexão, módulo de resiliência</p>	<p>As resinas compostas preenchidas com silicato de cálcio tiveram um desempenho melhor do que um adesivo convencional de condicionamento e enxágue e tiveram um efeito terapêutico/protetor nas propriedades micromecânicas das interfaces resina-dentina com depleção mineral.</p>
<p>Tezvergil-Mutluay A, <i>et al</i> (2017) Effects of Composites Containing Bioactive Glasses on Demineralized Dentin.</p>	<p>Activa Bioactive- Restorative; Activa Bioactive-Base; Tetric EvoFlow; Beautifil Flow Plus; Geristore; Enchimento Fuji LC; Fuji Lining LC; Ketac Nano; Triagem Fuji; Ketac Nano; Vitrebo nd Plus.</p>	<p>Testes de resistência à flexão e fadiga à fle xão</p>	<p>Em conclusão, o vidro bioativo rico em fosfato contendo flúor incorporado como carga micrométrica em compósitos dentários pode oferecer maiores efeitos benéficos do que o Bioglass 45S5 na redução da degradação mediada por enzimas e remineralização da dentina desmineralizada.</p>
<p>Pameijer CH, <i>et al</i> (2015) Flexural strength and flexural fatigue properties of resin-modified glass ionomers.</p>	<p>BioActive Restorative</p>	<p>Resistência ao cisalhamen to</p>	<p>ACTIVA™ BioActive Restorative mostrou um resistência ao cisalhamento médio significativamente maior para a dentina primária e liberação de íons de cálcio significativamente maior em comparação com Fuji II LC.</p>
<p>Willers AE, <i>et al</i> (2022) Effect of erosive challenge with HCl on restorative materials.</p>	<p>Cention Forte, Ceram.x Spectra ST, Riva self-cure, Equia Forte, Fuji II LC, Ketac Molar,</p>	<p>Resistência ao cisalhamen to.</p>	<p>Os cimentos de ionômero de vidro sem pré-tratamento foram os únicos restauradores com falhas no pré-teste. Entre os materiais sem pré-tratamento, o SFO apresentou a maior resistência de união.</p>

	Surefil one		
Sadeghyar A, <i>et al</i> (2022) Alternatives to amalgam: Is pretreatment necessary for effective bonding to dentin?	Activa BioActive, Cention Forte, Ceram.x Spectra ST, Riva self-cure, Equia Forte, Fuji II LC, Ketac Molar , Surefil one	Resistência ao cisalhamento	Entre os materiais sem pré-tratamento, o Surefil One apresentou a maior resistência de união.
Alrahlah A.(2018) Diametral Tensile Strength, Flexural Strength, and Surface Microhardness of Bioactive Bulk Fill Restorative .	ACTIVA Bulk Fill; Ketac Universal Aplicap; e GC Fuji II	resistência à flexão, resistência à tração diametral e número de dureza Vickers	N-Ceram, ACTIVA demonstraram o resistência à flexão mais alto e comparável. Ketac teve o maior valor de VHN antes e depois da termociclagem
Garoushi S, Vallittu PK, Lassila L. (2018) Characterization of fluoride releasing restorative dental materials.	Dyract, CompGlass, BEAUTIFIL II, ACTIVA-Restorative e GC Fuji II LC	Resistência à flexão	BEAUTIFIL II apresentou a maior resistência à flexão que não foi significativamente diferente de CompGlass e Dyract..
Ong J, <i>et al</i> (2023) Flexural Properties of Contemporary Bioactive Restorative Materials: Effect of Environmental pH.	Cention N, compósito bioativo e resina restauradores de ionômero de vidro modificado	Teste de flexão	Bio Activa apresentou maior resistência flexural após exposição ao ambiente ácido

<p>Turkistani A, <i>et al</i> (2018) Dental cements: Bioactivity, bond strength and demineralization progression around restorations.</p>	<p>Cention N [CN]), um giomer (Beautifil-bulk Restorative [BB]) e um ionômero de vidro modificado (Activa Bioactive Restorative [A V])</p>	<p>Teste de flexão de 3 pontos</p>	<p>O efeito dos ambientes cariogênicos na resistência à flexão foi dependente do material.</p>
<p>Par M, Tarle Z, <i>et al</i> (2019) Mechanical properties of experimental composites containing bioactive glass after artificial aging in water and ethanol.</p>	<p>Activa BioActive-Restorative</p>	<p>Microscopia Eletrônica de Varredura</p>	<p>As restaurações Activa BioActive-Restorative apresentaram uma interface de remineralização mais espessa e superior em comparação com a resina composta bulk-fill.</p>
<p>Leão IF, <i>et al</i> (2021) The Potential of a Bioactive, Pre-reacted, Glass-Ionomer Filler Resin Composite to Inhibit the Demineralization of Enamel in Vitro.</p>	<p>Bioglass 45S5 (BAG) ou vidro bioativo rico em fosfato contendo flúor (BAG -F)</p>	<p>(FTIR) e a microscopia eletrônica de varredura (MEV)</p>	<p>Os resultados sugerem que cada um dos 3 materiais restauradores, F IX, IZ e F II, inibiu parcialmente a desmineralização do esmalte sob um regime dinâmico de ciclagem de pH.</p>
<p>Porenczuk A, <i>et al</i> (2019) A comparison of the remineralizing potential of dental restorative materials by analyzing their fluoride release profiles.</p>	<p>ACTIVA BioActive-Restorative</p>	<p>Microscópio eletrônico de varredura, microscópio confocal.</p>	<p>A maior quantidade de íons flúor foi liberada dos espécimes Cimento de ionômero de vidro</p>

<p>Yap AU, <i>et al</i> (2021) Flexural Properties of Bioactive Restoratives in Cariogenic Environments.</p>	<p>Beautifil II,</p>	<p>Densidade óptica e SEM.</p>	<p>Concentração de íons liberados por ambos os materiais parece não ser suficiente para inibir o crescimento bacteriano.</p>
<p>Lee MJ, <i>et al</i> (2011) ⁴⁸ Development of a Bioactive Flowable Resin Composite Containing a Zinc-Doped Phosphate-Based Glass.</p>	<p>G-aenial com Zn-PBG</p>	<p>EDX e categorizad os com base em S H</p>	<p>Portanto, o Zn-PBG é considerado um material potencial para aplicação como nanomaterial.</p>
<p>Adeyeye A, <i>et al</i> (2023) Comparison of the marginal microleakage of a bioactive composite resin and traditional dental restorative materials.</p>	<p>Activa Kids BioActive- Restorative</p>	<p>Microinfilt ração</p>	<p>As resinas compostas preenchidas com silicato melhor desempenho do que um adesivo convenc efeito terapêutico/protetor nas propriedades mi interfaces resina-dentina com depleçãc</p>
<p>Amareh AI, <i>et al</i> (2019) In vitro evaluation of microleakage in primary teeth restored with three adhesive materials: ACTIVA™, composite resin, and resin-modified glass ionomer.</p>	<p>BioActive- Restorative</p>	<p>A microinfiltr ação foi avaliada usando o método de penetração de corante sob um estereomic roscópio.</p>	<p>De acordo com a análise de infiltração por dente, não houve diferenças estatisticamente significativas nas porcentagens de microinfiltração entre ACTIVA e Filtek Z250 e Vitremer.</p>
<p>Marovic D, <i>et al</i> (2022) Impact of Copper-Doped Mesoporous Bioactive Glass Nanospheres</p>	<p>Cu-MBGN</p>	<p>Contração de polimeriza</p>	<p>O material com uma combinação de 5% Cu- MBGN, sílica e micropreenchimentos inertes de vidro Ba parece ter a melhor perspectiva para uso</p>

on the Polymerisation Kinetics and Shrinkage Stress of Dental Resin Composites .		ção	clínico futuro.
Raghip AG, <i>et al</i> (2023) In vitro elemental and micromorphological analysis of the resin-dentin interface of bioactive and bulk-fill composites.	Activa Bioactive-Restorative	Análise de íons de flúor utilizando um analisador de íons específico de flúor.	As restaurações Restauradoras Activa BioActive apresentaram uma interface de remineralização mais espessa e superior em comparação com a resina composta bulk-fill.
Yoshihara K, <i>et al</i> (2017) Bacterial adhesion not inhibited by ion-releasing bioactive glass filler.	Cention Forte e BioACTIVE RESTORATIVE	Cromatografia gasosa-espectrometria de massa.	Embora tenham potencial bioativo através da liberação de íons, a estabilidade da integridade da superfície dos materiais bioativos é um parâmetro-chave a ser avaliado em relação ao seu potencial cariostático.

Fonte: