

**MATERIAIS
RESTAURADORES
BIOATIVOS NA DENTÍSTICA
CONTEMPORÂNEA:
INOVAÇÃO BASEADA EM
EVIDÊNCIAS CIENTÍFICAS
OU TENDÊNCIA DE
MERCADO?**

**BIOACTIVE RESTORATIVE MATERIALS IN CONTEMPORARY OPERATIVE
DENTISTRY: INNOVATION BASED ON SCIENTIFIC EVIDENCE OR MARKET
TREND?**

Ciências da Saúde • 24/08/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/787543202](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/787543202)

Ana Livia Fernandes Alves¹

Allana Cristiny Sales Araújo²

Pedro Henrique Soares Aguiar³

Fillipe Mendes Silva⁴

RESUMO

Os materiais restauradores bioativos têm sido incorporados à dentística contemporânea devido ao potencial de promover remineralização, liberação de íons e interação favorável com os tecidos dentários. O estudo analisou criticamente as evidências científicas sobre a eficácia biológica, as limitações mecânicas e a influência mercadológica desses materiais. Realizou-se uma revisão integrativa da literatura, conforme o método de Whitemore e Knafl e as recomendações do PRISMA 2020, com buscas nas bases PubMed, Biblioteca Virtual em Saúde, SciELO e Google Acadêmico, contemplando publicações entre 2022 e 2026. Foram incluídos 20 estudos, entre revisões, ensaios clínicos e pesquisas laboratoriais. Os resultados indicaram evidências mais consistentes de bioatividade para materiais biocerâmicos, como MTA e Biodentine®, associados ao reparo tecidual e à formação de tecido mineralizado. Para resinas compostas, adesivos e cimentos modificados, os benefícios apresentaram maior suporte laboratorial. Conclui-se que os materiais bioativos são promissores, porém sua aplicação clínica requer fundamentação científica e estudos clínicos independentes, multicêntricos e de longo prazo.

Palavras-chave: Materiais Dentários; Biomateriais; Remineralização Dentária; Economia em Odontologia.

ABSTRACT

Bioactive restorative materials have been incorporated into contemporary restorative dentistry due to their potential to promote remineralization, ion release, and favorable interaction with dental tissues. This study critically analyzed scientific evidence regarding the biological efficacy, mechanical limitations, and market influence of these materials. An integrative literature review was conducted following the Whitemore and Knafl method and PRISMA 2020

recommendations, searching databases such as PubMed, the Virtual Health Library (BVS), SciELO, and Google Scholar for publications from 2022 to 2026. Twenty studies were included, comprising reviews, clinical trials, and laboratory research. Results indicated more consistent evidence of bioactivity for bioceramic materials, such as MTA and Biodentine®, associated with tissue repair and mineralized tissue formation. For modified composite resins, adhesives, and cements, the benefits were supported primarily by laboratory data. It is concluded that bioactive materials are promising; however, their clinical application requires a solid scientific basis and independent, multicenter, long-term clinical studies.

Keywords: Dental Materials; Biomaterials; Dental Remineralization; Economics; Dental.

1. INTRODUÇÃO

O uso de materiais bioativos na odontologia teve início no final da década de 1960, com o desenvolvimento do Bioglass pelo pesquisador Larry Hench e sua equipe. Esse material destacou-se por sua capacidade de estabelecer ligação com os tecidos biológicos, característica que o tornou um marco na área dos biomateriais. O Bioglass 45S5, composto principalmente por sílica, óxido de cálcio, óxido de sódio e pentóxido de fósforo, apresenta elevada bioatividade, formando uma camada de hidroxiapatita em contato com fluidos corporais. Essa propriedade favorece sua interação com o tecido ósseo e estimula a atividade dos osteoblastos, contribuindo para a integração e regeneração óssea. (Abozaid *et al.*, 2026).

De acordo Guimarães *et al.*, 2024, os materiais bioativos representam uma alternativa promissora na odontologia restauradora contemporânea devido à sua capacidade de interagir com os tecidos dentários, favorecer a remineralização e estimular processos regenerativos. No entanto, ressaltam que, embora o número de pesquisas sobre esses materiais tenha aumentado significativamente nos últimos anos, ainda são necessários mais estudos, especialmente ensaios clínicos, para comprovar sua eficácia e segurança, permitindo sua aplicação clínica com maior respaldo científico.

Dentro deste cenário, a crescente oferta de materiais restauradores bioativos no mercado tem gerado um interesse significativo entre os dentistas, especialmente por causa das promessas de características como remineralização, liberação de íons, ação antimicrobiana e incentivo à recuperação dos tecidos dentários. Contudo, a rápida introdução desses produtos na prática odontológica levanta questionamentos sobre a relação entre as propriedades anunciadas e a robustez das evidências científicas existentes. Ademais, a necessidade de equilibrar características biológicas desejáveis com um desempenho mecânico satisfatório torna essencial uma avaliação crítica dos prós e contras desses materiais.

Portanto, justifica-se a realização deste estudo pela necessidade de reunir e examinar de forma crítica as provas existentes sobre os materiais restauradores bioativos, ajudando a elucidar de maneira mais confiável sua verdadeira eficácia e suas restrições na odontologia moderna. A avaliação combinada desses fatores pode favorecer a descoberta das características que são realmente apoiadas pela pesquisa científica e aquelas que podem estar mais

ligadas às táticas de mercado, promovendo um uso clínico mais cuidadoso e fundamentado em evidências.

Desse modo o presente estudo tem como objetivo analisar criticamente as evidências científicas sobre a eficácia biológica, as limitações mecânicas e a influência do mercado na utilização dos materiais restauradores bioativos na odontologia restauradora contemporânea.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Os avanços na odontologia restauradora têm direcionado os tratamentos para abordagens que conciliam conservação da estrutura dental, previsibilidade dos resultados e compatibilidade biológica. Desse modo, a odontologia restauradora biomimética tem ganhado destaque por empregar técnicas e materiais capazes de reproduzir o comportamento dos tecidos dentários, favorecendo a preservação da estrutura remanescente e o restabelecimento da função e da resistência do elemento dental. (Reis *et al.*, 2024).

Os materiais dentários biomiméticos e bioativos apresentam elevada biocompatibilidade e propriedades físico-químicas que associam biomecânica, bioatividade e biomimetismo, favorecendo a remineralização e a regeneração dos tecidos dentários. Tais materiais têm demonstrado resultados promissores por proporcionarem maior resistência, melhor vedação, potencial regenerativo e ação antibacteriana, contribuindo para o aumento da durabilidade das restaurações, a preservação do tecido pulpar e a redução da necessidade de intervenções invasivas. (Sousa.; Silva.; Ribeiro, 2025).

Na odontologia restauradora, o termo bioativo é utilizado para descrever materiais capazes de induzir a formação de cristais de hidroxiapatita em sua superfície. Sob a perspectiva biológica, esses materiais apresentam potencial para interagir de forma favorável com células e tecidos vivos, contribuindo para processos de reparo e regeneração tecidual. (Torres *et al.*, 2023).

Os materiais bioativos e os cimentos de ionômero de vidro têm se destacado na odontologia por sua capacidade de liberar íons, interagir com o meio bucal e favorecer a remineralização. Entre esses materiais, incluem-se os cimentos à base de cálcio, os silicatos de cálcio, os adesivos funcionais e os compósitos modificados. O desenvolvimento de materiais com potencial de interação biológica com os tecidos dentários, representa uma importante tendência na odontologia restauradora. (Motta.; Guiotti.; Mitterhofer, 2026).

As abordagens minimamente invasivas, biomiméticas e bioativas têm sido associadas a melhores resultados clínicos por preservarem a estrutura dentária e reduzirem a necessidade de intervenções invasivas. Além disso, favorecem maior durabilidade das restaurações e melhor desempenho funcional, especialmente em dentes com grande destruição coronária. (Pereira.; Soares.; Carvalho, 2026).

3. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, desenvolvida com o objetivo de analisar criticamente as evidências científicas acerca da eficácia biológica, das limitações mecânicas e da influência do mercado na utilização dos materiais restauradores bioativos na dentística contemporânea. O estudo foi conduzido conforme o

método de revisão integrativa proposto por *Whittemore* e *Knafl*, que possibilita a inclusão e síntese de estudos com diferentes delineamentos metodológicos, permitindo uma compreensão ampla e aprofundada do fenômeno investigado.

Para garantir maior transparência, rigor metodológico e reprodutibilidade, o processo de identificação, seleção, elegibilidade e inclusão dos estudos foi apresentado de acordo com as recomendações do PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).

Inicialmente, foi definido o tema da pesquisa, delimitado o problema investigativo e elaborada a pergunta norteadora utilizando a estratégia PICO (Population, Interest e Context), apropriada para revisões integrativas. A questão orientadora foi estabelecida da seguinte forma: “Os materiais restauradores bioativos utilizados na Dentística contemporânea apresentam respaldo em evidências clínicas consistentes ou sua crescente utilização está relacionada, predominantemente, às estratégias de inovação e mercado?”.

Em seguida, foram estabelecidos os critérios de elegibilidade. Foram incluídos estudos originais, compreendendo ensaios clínicos, estudos observacionais e estudos laboratoriais *in vitro*, além de revisões sistemáticas, revisões integrativas e revisões críticas, publicados nos idiomas português e inglês, disponíveis na íntegra, publicados entre 2022 e 2026, que abordassem diretamente materiais restauradores bioativos empregados na dentística, seus mecanismos biológicos, propriedades mecânicas, potencial remineralizador, desempenho clínico ou aspectos regulatórios e mercadológicos.

Foram excluídos editoriais, cartas ao editor, relatos de caso, resumos publicados em anais de eventos científicos, literatura cinzenta não indexada, dissertações, teses e estudos cujo foco estivesse sem interface com a dentística restauradora.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e Google Acadêmico, sendo este último utilizado como fonte complementar para identificação de estudos potencialmente relevantes. Os descritores controlados foram selecionados por meio dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e do *Medical Subject Headings* (MeSH), sendo complementados por palavras-chave livres relacionadas ao tema. Entre os principais termos empregados destacaram-se “*Dental Materials*” AND “*Bioactive Materials*” OR “*Bioactivity*” AND “*Dental Restoration*” AND “*Economics, Dental*”.

Após a realização das buscas, todos os registros recuperados foram exportados para um gerenciador de referências, onde foi realizada a identificação e remoção dos estudos duplicados. Posteriormente, os títulos e resumos foram analisados de forma independente pelos pesquisadores, sendo selecionados para leitura na íntegra aqueles que apresentavam potencial para responder à questão norteadora da pesquisa. As divergências quanto à inclusão dos estudos foram solucionadas por consenso entre os revisores.

Os artigos elegíveis compuseram a amostra final desta revisão e tiveram seus dados extraídos por meio de uma matriz analítica padronizada, contendo informações referentes aos autores, ano de publicação, país de origem, delineamento metodológico, material restaurador bioativo investigado, objetivo, principais resultados,

limitações e conclusões. A análise dos dados foi realizada por meio de síntese narrativa, permitindo comparar criticamente os achados disponíveis na literatura e identificar convergências, divergências e lacunas do conhecimento.

Por fim, os resultados foram organizados em categorias temáticas relacionadas aos conceitos e fundamentos da bioatividade, aos principais materiais restauradores bioativos e seus mecanismos de ação, às evidências científicas sobre seu desempenho biológico e mecânico e à relação entre inovação científica e tendência de mercado. Essa organização permitiu uma análise crítica da produção científica disponível, fundamentando a discussão acerca do real potencial clínico desses materiais e das perspectivas futuras para sua aplicação na dentística baseada em evidências.

4. RESULTADOS

Foram incluídos 20 estudos (Tabela 1), publicados entre 2022 e 2026, compreendendo revisões narrativas, revisões sistemáticas, revisão bibliográfica, documento de consenso, editorial científico, ensaio clínico e estudos experimentais laboratoriais. Os estudos abordaram principalmente os conceitos e critérios de bioatividade, os mecanismos de ação dos materiais restauradores bioativos, a liberação de íons, o potencial remineralizador, as propriedades mecânicas, o desempenho clínico e as perspectivas de aplicação desses materiais na dentística contemporânea.

Os principais dados extraídos dos estudos incluídos encontram-se sintetizados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização dos estudos incluídos na revisão integrativa sobre as evidências clínicas dos materiais bioativos:

Autor (ano)	Tipo de estudo	Revista	Objetivo	Principais resultados
Abozaid <i>et al.</i> (2026)	Revisão abrangente	Odontology	Revisar mecanismos, aplicações clínicas e perspectivas futuras dos materiais restauradores bioativos.	Os materiais apresentam potencial biológico promissor, porém persistem limitações relacionadas à padronização dos testes, resistência mecânica e escassez de ensaios clínicos de longo prazo.
Arbildo-Vega <i>et al.</i> (2024)	Revisão sistemática e metanálise	Dentistry Journal	Comparar materiais restauradores liberadores de íons com resinas compostas convencionais.	Foram identificados 1.109 registros, com inclusão de 29 ensaios clínicos randomizados. Os estudos apresentaram acompanhamento de 1 a 10 anos. Não foram observadas diferenças clínicas estatisticamente significativas entre os materiais liberadores de íons e as resinas convencionais nos principais

				parâmetros avaliados ($p > 0,05$).
Azimi <i>et al.</i> (2024)	Estudo experimental in vitro	Heliyon	Avaliar os efeitos da incorporação de óxido de zinco e hidroxiapatita em cimento de ionômero de vidro.	A incorporação de 4% de ZnO aumentou a resistência à compressão em 10,77 MPa, elevou a absorção de cálcio em aproximadamente 40% e manteve viabilidade celular superior a 90%. Entretanto, houve redução de 24,37% na liberação de flúor.
Guimarães <i>et al.</i> (2024)	Revisão de literatura	Revista do CROMG	Analisar a utilização de materiais bioativos na odontologia restauradora.	Os materiais apresentam potencial para remineralização e interação favorável com os tecidos dentários, embora existam limitações quanto à comprovação clínica.
International Dental Federation – FDI (2023)	Declaração de política	International Dental Journal	Estabelecer uma definição científica para	A FDI estabelece 5 critérios para caracterização de um material

			materiais restauradores bioativos.	como bioativo: mecanismo definido, efeito bioativo demonstrado, duração do efeito conhecida, ausência de efeitos biológicos adversos relevantes e manutenção da função restauradora.
Kaga <i>et al.</i> (2024)	Estudo experimental in vitro	Materials	Avaliar resina bioativa contendo partículas S-PRG sobre a remineralização do esmalte.	Foram avaliadas concentrações de 0%, 10%, 20%, 30% e 40% de S-PRG. O material promoveu neutralização do ácido láctico inicialmente em pH 4,0, liberação de múltiplos íons e redução da desmineralização. Após 7 dias, não foi observada desmineralização nos grupos contendo S-PRG nas condições experimentais.

Kuru <i>et al.</i> (2024)	Estudo experimental in vitro	BMC Oral Health	Comparar a capacidade de remineralização de silicato tricálcico e cimento de ionômero de vidro em dentina residual.	Foram utilizados 34 terceiros molares, totalizando 136 cavidades experimentais. Após 21 dias, o Biodentine apresentou relação cálcio/fósforo significativamente maior que o Fuji IX ($p < 0,001$), indicando maior potencial remineralizador.
Lardani <i>et al.</i> (2022)	Ensaio clínico	Children	Avaliar o desempenho clínico do ACTIVA™ BioACTIVE-Restorative Composite em molares decíduos.	Foram avaliadas 45 crianças, com 90 restaurações com ACTIVA e 89 com SDR Bulk-fill, acompanhadas por 12 meses. Ambos apresentaram aproximadamente 2,2% de falhas, indicando desempenho clínico semelhante no período avaliado.

Motta, Guiotti e Mitterhofer (2026)	Revisão de literatura	Revista Tópicos	Discutir abordagens minimamente invasivas e seus impactos clínicos e biológicos na preservação da estrutura dentária.	A abordagem minimamente invasiva favorece a preservação da estrutura dentária e estratégias restauradoras biomiméticas.
Oliveira <i>et al.</i> (2024)	Estudo experimental	International Journal of Adhesion and Adhesives	Avaliar a bioatividade e citotoxicidade de cimentos de ionômero de vidro comerciais.	Foram avaliados 6 cimentos de ionômero de vidro durante 28 dias. Os materiais apresentaram liberação de cálcio, fosfato e flúor, porém demonstraram atividade antibacteriana limitada. Todos apresentaram citotoxicidade em 72 horas ($p < 0,05$) em comparação ao controle, e não foram identificados precursores cristalinos de hidroxiapatita nas condições avaliadas.

Pereira, Soares e Carvalho (2026)	Revisão de literatura	JNT Facit Business and Technology Journal	Analisar a aplicação de princípios biomiméticos na restauração de dentes com grande destruição coronária.	A biomimética favorece estratégias restauradoras voltadas à preservação estrutural e à recuperação funcional.
Pires <i>et al.</i> (2023)	Revisão bibliométrica e crítica	Bioengineering	Mapear a produção científica sobre materiais restauradores bioativos aplicados à dentina coronária.	Foram identificados 7161 registros, dos quais 159 estudos foram incluídos. Destes, 149 eram in vitro, 11 in vivo e 2 ex vivo, demonstrando predominância de evidências laboratoriais.
Piyush <i>et al.</i> (2024)	Estudo experimental in vitro	Journal of Conservative Dentistry and Endodontics	Avaliar os efeitos de novos aditivos sobre as propriedades mecânicas e biológicas do cimento de ionômero de vidro.	Foram avaliadas 90 amostras. O grupo de melhor desempenho apresentou resistência à compressão de $144,478 \pm 3,989$ MPa, resistência à tração diametral de $20,29 \pm 0,860$ MPa e microdureza de $131 \pm 3,536$. A

				viabilidade celular variou entre 58,02% e 87,63%.
Reis et al. (2024)	Revisão integrativa	Journal of Applied Oral Science	Discutir criticamente o conceito de bioatividade e sua aplicação na odontologia restauradora biomimética.	O termo “bioativo” é utilizado de forma ampla na literatura, reforçando a necessidade de critérios científicos para sua aplicação e interpretação.
Silva et al. (2024)	Revisão narrativa	Research, Society and Development	Revisar novas formulações dos cimentos de ionômero de vidro.	As novas formulações apresentam melhorias nas propriedades mecânicas e biológicas, porém ainda requerem validação clínica.
Singer, Fouda e Bourauel (2023)	Revisão narrativa	BMC Oral Health	Revisar abordagens biomiméticas e materiais regenerativos em odontologia.	Biomateriais bioativos apresentam potencial para remineralização, regeneração tecidual e preservação da estrutura dentária.
Sousa, Silva e Ribeiro (2025)	Revisão de literatura	JNT Facit Business and	Analisar técnicas restauradoras	Os materiais e técnicas contemporâneas ampliam as

		Technology Journal	contemporâneas e materiais inovadores na odontologia estética.	possibilidades restauradoras e estéticas, com destaque para estratégias conservadoras.
Spagnuolo (2022)	Revisão narrativa	Materials	Apresentar o estado atual dos materiais dentários bioativos.	A literatura demonstra evolução do conceito de biocompatibilidade para bioatividade, com potencial clínico acompanhado de limitações relacionadas à evidência disponível.
Torres <i>et al.</i> (2023)	Revisão de literatura	Revista Vozes dos Vales	Revisar as aplicações de materiais bioativos na odontologia restauradora.	Os materiais apresentam potencial para remineralização e interação com os tecidos dentários, embora a força da evidência varie conforme o material e a aplicação.
Vilela <i>et al.</i> (2025)	Revisão narrativa	Dental Materials	Revisar materiais restauradores liberadores de íons e estratégias de remineraliza	A matriz resinosa pode limitar a difusão de íons e reduzir a efetividade biológica dos materiais. A literatura

			ção dentinária.	apresenta maior potencial remineralizador para materiais à base de silicato de cálcio, enquanto a evidência clínica para materiais resinosos liberadores de íons permanece limitada.
--	--	--	--------------------	--

5. DISCUSSÃO

5.1. Conceitos e Evolução da Bioatividade Aplicada aos Materiais Restauradores

O ponto de partida para compreender se a bioatividade na dentística contemporânea representa uma inovação científica consolidada ou uma estratégia de valorização mercadológica reside na própria definição do termo. Originalmente, na ciência dos biomateriais, um material é considerado bioativo quando apresenta capacidade de desencadear respostas biológicas específicas na interface com os tecidos hospedeiros, promovendo interações químicas e celulares capazes de estimular processos de reparo, regeneração ou integração tecidual. (Spagnuolo, 2022)

Essa definição diferencia a bioatividade da simples biocompatibilidade, uma vez que pressupõe uma participação ativa do biomaterial nos eventos biológicos subsequentes à sua aplicação clínica (Singer; Fouda; Bourauel, 2023). Sob essa perspectiva, a bioatividade está relacionada não apenas à presença de propriedades físico-químicas favoráveis, mas principalmente à

capacidade do material de modular respostas biológicas benéficas e previsíveis.

Entretanto, a evolução tecnológica dos materiais restauradores levou à ampliação desse conceito, especialmente na Odontologia Restauradora. Nas últimas décadas, diversos materiais passaram a ser comercializados como bioativos por apresentarem características como liberação de íons cálcio, fosfato e flúor, capacidade tamponante, potencial remineralizador ou interação química com os tecidos dentários. A revisão de Abozaid *et al.* (2026) demonstra que grande parte dos materiais atualmente disponíveis apresenta mecanismos predominantemente físico-químicos, sem evidências suficientes de que promovam respostas celulares específicas ou regeneração tecidual em condições clínicas.

Embora essas propriedades possam contribuir para a preservação da estrutura dental e para o controle do processo carioso, sua presença isoladamente não caracteriza, necessariamente, um material como verdadeiramente bioativo. Da mesma forma, Vilela *et al.* (2025) ressaltam que a liberação iônica representa apenas uma das etapas envolvidas no processo de bioatividade, não sendo suficiente, por si só, para assegurar benefícios clínicos duradouros.

Essa ampliação conceitual tornou o termo "bioatividade" progressivamente mais abrangente, favorecendo interpretações distintas entre pesquisadores, fabricantes e clínicos. Enquanto parte da literatura considera que a capacidade de liberar íons biologicamente relevantes já justifica a classificação de um material como bioativo, outros autores defendem que essa denominação deve ser reservada aos materiais capazes de induzir respostas biológicas mensuráveis, como diferenciação celular, formação de

tecido mineralizado ou regeneração da interface dente-material (Spagnuolo, 2022; Singer; Fouda; Bourauel, 2023).

5.2. Critérios Científicos para Classificação dos Materiais Restauradores Bioativos

Com o objetivo de minimizar essa heterogeneidade conceitual, a Federação Dentária Internacional (FDI) publicou uma declaração estabelecendo que a utilização do termo "material restaurador bioativo" deve estar fundamentada na demonstração do mecanismo biológico de ação, na comprovação científica de sua eficácia e na evidência de que tais propriedades não comprometam o desempenho restaurador do material (Reis *et al.*, 2024)

Nesse contexto, observa-se que a inexistência de uma definição universalmente aceita dificulta a comparação entre estudos, limita a padronização metodológica e favorece a utilização do termo "bioativo" como estratégia de diferenciação comercial. A literatura recente demonstra que muitos materiais apresentam resultados promissores em estudos laboratoriais, sobretudo quanto à liberação de íons e ao potencial remineralizador; entretanto, esses achados ainda não são acompanhados por evidências clínicas robustas capazes de confirmar benefícios superiores aos materiais restauradores convencionais (Torres *et al.*, 2023; Abozaid *et al.*, 2026).

Assim, a evolução do conceito de bioatividade evidencia um cenário no qual o avanço tecnológico ocorreu de forma mais acelerada que a produção de evidências clínicas de alto nível, reforçando a necessidade de critérios conceituais mais rigorosos e de ensaios clínicos controlados que permitam distinguir, de maneira objetiva, materiais efetivamente bioativos daqueles que apenas apresentam

propriedades físico-químicas potencialmente benéficas (Spagnuolo, 2022).

Entre os materiais odontológicos disponíveis, os cimentos à base de silicato de cálcio, especialmente o Agregado Trióxido Mineral (MTA) e o *Biodentine*TM, constituem os exemplos mais consistentes de bioatividade respaldada por evidências científicas. Durante o processo de hidratação, esses biomateriais liberam elevadas concentrações de íons cálcio e hidroxila, promovendo alcalinização do meio, atividade antimicrobiana e precipitação de cristais de hidroxiapatita na interface com os tecidos mineralizados. (Kuru *et al.*, 2024)

Esses fenômenos favorecem o selamento biológico, a bioatividade superficial e a criação de um microambiente propício à diferenciação celular e à deposição de tecido mineralizado, características que justificam sua ampla utilização em procedimentos conservadores da polpa dentária e em terapias reparadoras (Spagnuolo, 2022; Singer; Fouda; Bourauel, 2023). Nesse contexto, diferentemente de outros materiais restauradores, o mecanismo biológico desses cimentos encontra-se relativamente bem estabelecido tanto em estudos laboratoriais quanto em investigações histológicas.

As evidências disponíveis indicam que a resposta biológica promovida pelos cimentos de silicato de cálcio ultrapassa a simples liberação de íons, envolvendo a ativação de processos celulares diretamente relacionados ao reparo tecidual. Estudos experimentais e clínicos demonstram que esses materiais estimulam a proliferação e diferenciação de células-tronco da polpa dentária em células semelhantes aos odontoblastos, favorecendo a formação de dentina

reparadora, a manutenção da vitalidade pulpar e a regeneração parcial do complexo dentino-pulpar (Singer; Fouda; Bourauel, 2023).

No entanto, Abozaid *et al.* (2026) destacam que esse nível de evidência ainda não pode ser extrapolado para todas as categorias de materiais restauradores comercializados como bioativos. Embora diversas resinas compostas, adesivos e cimentos modificados apresentem potencial de liberação iônica e efeitos remineralizadores em condições laboratoriais, a demonstração de benefícios clínicos sustentáveis permanece limitada, reforçando a necessidade de critérios científicos rigorosos para distinguir materiais verdadeiramente bioativos daqueles que apresentam apenas propriedades biofuncionais ou biointerativas.

5.3. Evidências Científicas Sobre os Principais Materiais Bioativo

Por outro lado, a incorporação do conceito de bioatividade aos materiais restauradores diretos, como resinas compostas, sistemas adesivos e cimentos de ionômero de vidro modificados, permanece como um dos temas mais discutidos na literatura contemporânea. O desenvolvimento desses materiais fundamenta-se na incorporação de componentes bioativos, como biovidros, fosfatos de cálcio amorfos (ACP), partículas de vidro pré-reagido de superfície (S-PRG), hidroxiapatita e compostos liberadores de flúor, com o objetivo de associar propriedades restauradoras convencionais a efeitos biológicos adicionais, incluindo remineralização, atividade antimicrobiana, neutralização de ácidos e prevenção da cárie secundária (Silva *et al.*, 2024; Vilela *et al.*, 2025).

Revisões recentes demonstram que materiais contendo essas partículas apresentam capacidade de liberar íons cálcio, fosfato,

flúor, silicato de estrôncio, favorecendo a formação de depósitos minerais semelhantes à hidroxiapatita e contribuindo para o restabelecimento parcial da estrutura dentária desmineralizada (Pires *et al.*, 2023).

Resultados experimentais também evidenciam potencial remineralizador em materiais contendo partículas S-PRG e biovidros, capazes de reduzir a desmineralização do esmalte e favorecer a manutenção do pH em níveis menos favoráveis à atividade cariogênica (Kaga *et al.*, 2024). Além disso, estudos laboratoriais apontam que modificações nos cimentos de ionômero de vidro por meio da incorporação de nanopartículas, biovidros e silicatos de cálcio podem melhorar simultaneamente propriedades mecânicas e biofuncionais, ampliando seu potencial terapêutico.

Todavia, embora os resultados laboratoriais sejam promissores, sua tradução para a prática clínica permanece limitada. A presença de matrizes poliméricas hidrofóbicas nas resinas compostas e nos sistemas adesivos pode restringir a difusão dos íons liberados, reduzindo sua disponibilidade na interface dente-restauração e, conseqüentemente, diminuindo o potencial remineralizador observado em condições experimentais (Arbildo-Vega *et al.*, 2024).

Além disso, fatores inerentes ao ambiente bucal, como formação de biofilme, variações de pH, degradação hidrolítica, atividade enzimática e desgaste mastigatório, podem modificar significativamente o comportamento desses materiais ao longo do tempo, dificultando a reprodução dos resultados obtidos *in vitro* (Abozaid *et al.*, 2026).

Essa limitação é corroborada por revisões sistemáticas que não identificaram superioridade clínica consistente dos materiais restauradores liberadores de íons em relação às resinas compostas convencionais quanto à longevidade restauradora ou à prevenção da cárie secundária (Arbildo-Vega *et al.*, 2024). Dessa forma, embora as evidências disponíveis indicam que os materiais restauradores bioativos representam uma perspectiva promissora para a Odontologia minimamente invasiva, os benefícios observados permanecem predominantemente sustentados por estudos laboratoriais, reforçando a necessidade de ensaios clínicos controlados e de longo prazo capazes de confirmar sua efetiva superioridade clínica.

5.4. Evidências Laboratoriais Versus Desempenho Clínico dos Materiais Bioativos

A análise da literatura evidencia um importante desequilíbrio na produção científica sobre materiais restauradores bioativos, caracterizado pela predominância de estudos laboratoriais em detrimento de investigações clínicas. A maior parte das evidências disponíveis concentra-se em ensaios *in vitro*, destinados à avaliação da liberação de íons, formação de apatita, atividade antimicrobiana, capacidade remineralizadora, biocompatibilidade e propriedades mecânicas dos materiais (Kuru *et al.*, 2024; Reis *et al.*, 2024).

Entre os métodos experimentais mais empregados destacam-se a imersão em Fluido Corporal Simulado (*Simulated Body Fluid* – SBF), análises por microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectroscopia de energia dispersiva (EDS), ensaios de microdureza e testes de resistência à compressão. Estudos experimentais demonstraram resultados promissores para materiais contendo

partículas S-PRG, biovidros, silicatos de cálcio e nanopartículas de hidroxiapatita, evidenciando maior liberação de íons cálcio e fosfato, formação superficial de hidroxiapatita e potencial remineralizador (Kaga *et al.*, 2024; Piyush *et al.*, 2024; Azimi *et al.*, 2024;).

Resultados semelhantes foram observados por Oliveira *et al.* (2024), que verificaram capacidade remineralizadora em diferentes cimentos de ionômero de vidro comerciais, embora tenham identificado ausência de atividade antibacteriana sustentada e discreta citotoxicidade em determinadas formulações.

Apesar desses resultados favoráveis, a extrapolação dos achados laboratoriais para a prática clínica permanece limitada. O modelo baseado em SBF reproduz apenas parcialmente as condições do meio bucal, desconsiderando fatores determinantes para o comportamento clínico dos materiais, como formação de biofilme, variações cíclicas de pH, atividade das metaloproteinases da matriz, fluxo salivar, pressão do fluido dentinário e cargas mastigatórias (Reis *et al.*, 2024; Abizaid *et al.*, 2026).

Essa limitação metodológica pode superestimar o potencial bioativo observado *in vitro*, justificando a discrepância frequentemente encontrada entre desempenho laboratorial e resultados clínicos. Essa hipótese é reforçada pela revisão sistemática de Arbildo-Vega *et al.* (2024), que analisaram 1.109 registros e incluíram 29 ensaios clínicos randomizados na síntese quantitativa, com acompanhamentos de 1 a 10 anos. A metanálise não identificou diferenças estatisticamente significativas entre materiais restauradores liberadores de íons e resinas compostas convencionais nos principais parâmetros clínicos avaliados ($p > 0,05$), indicando desempenho clínico semelhante entre as abordagens.

Da mesma forma, o ensaio clínico conduzido por Lardani *et al.* (2022) demonstrou desempenho clínico satisfatório do compósito bioativo *ACTIVA™* após um ano de acompanhamento; contudo, observou deterioração progressiva de propriedades estéticas, indicando que benefícios biológicos potenciais nem sempre se traduzem em melhor desempenho restaurador a longo prazo. Ambos os materiais apresentaram taxa de falha de aproximadamente 2,2%, indicando desempenho clínico semelhante no período avaliado. Em conjunto, essas evidências demonstram que a consolidação da bioatividade como diferencial clínico ainda depende de ensaios clínicos randomizados, multicêntricos e com seguimento prolongado.

5.5. Bioatividade e Propriedades Mecânicas: Existe Um Equilíbrio Possível?

Outro aspecto amplamente discutido refere-se ao equilíbrio entre bioatividade e desempenho mecânico. A maioria dos mecanismos responsáveis pela liberação controlada de íons depende da difusão de água através da matriz do material, característica que favorece os fenômenos de degradação hidrolítica, aumento da sorção, perda de massa e deterioração da interface adesiva ao longo do tempo (Pires *et al.*, 2023).

Dessa forma, embora a incorporação de biovidros, fosfatos de cálcio, nanopartículas bioativas e silicatos possa conferir propriedades remineralizadoras e antimicrobianas, essas modificações também podem alterar negativamente propriedades fundamentais para o sucesso restaurador, como resistência ao desgaste, dureza superficial, estabilidade dimensional, resistência flexural e integridade marginal (Spagnulo, 2022; Abizaid *et al.*, 2026).

Contudo, a literatura demonstra que essa relação não é uniforme entre os diferentes materiais bioativos. Estudos recentes verificaram que determinadas modificações estruturais podem melhorar simultaneamente propriedades mecânicas e biológicas. Azimi *et al.* (2024) observaram aumento significativo da resistência à compressão após a incorporação de nanopartículas de óxido de zinco em cimentos de ionômero de vidro, enquanto Piyush *et al.* (2024) verificaram que formulações contendo grafeno apresentaram maior dureza e resistência mecânica sem comprometer a biocompatibilidade.

Da mesma forma, a revisão sobre novas formulações de ionômeros de vidro destaca que a incorporação de nanopartículas e biovidros representa uma das estratégias mais promissoras para superar as limitações mecânicas desses materiais (Reis *et al.*, 2024)

Apesar desses avanços, Vilela *et al.* (2025) ressaltam que ainda não existe evidência suficiente para afirmar que essas melhorias laboratoriais sejam mantidas durante longos períodos em ambiente bucal. Assim, permanece o desafio de desenvolver materiais capazes de conciliar elevada bioatividade, estabilidade química e desempenho mecânico compatível com as exigências clínicas das restaurações posteriores.

5.6. Materiais Restauradores Bioativos: Inovação Baseada em Evidências Ou Tendência de Mercado?

A análise crítica da literatura demonstra que a bioatividade representa um dos conceitos mais promissores na evolução dos biomateriais odontológicos, refletindo a transição de materiais biologicamente inertes para sistemas capazes de interagir com os

tecidos dentários e participar dos processos de reparo e remineralização (Torres *et al.*, 2023; Singer; Fouda; Bourauel, 2023). Não obstante, a rápida expansão comercial deste conceito ocorreu de forma mais acelerada que a produção de evidências clínicas de alto nível.

Pires *et al.* (2023) identificaram 7.161 registros sobre materiais restauradores bioativos aplicados à dentina, dos quais apenas 159 estudos foram incluídos. Destes, 149 eram *in vitro*, 11 *in vivo* e 2 *ex vivo*, evidenciando predominância de investigações laboratoriais e limitada produção de evidências clínicas. Entre os estudos, 105 concentraram-se na análise da interface e 86 na resistência de união, reforçando a necessidade de ampliar a investigação clínica dos efeitos atribuídos à bioatividade.

Como consequência, materiais com mecanismos biológicos distintos passaram a ser agrupados sob a mesma denominação de "bioativos", favorecendo interpretações heterogêneas e, em alguns casos, o emprego do termo como estratégia mercadológica (Reis *et al.*, 2024; Abozaid *et al.*, 2026). Nesse contexto, torna-se evidente a necessidade de maior padronização conceitual e metodológica para que as alegações de bioatividade sejam sustentadas por mecanismos biológicos claramente demonstrados e por desfechos clínicos relevantes.

Embora materiais como MTA e *Biodentine* apresentem evidências robustas de bioatividade verdadeira, relacionadas à indução de diferenciação celular, formação de tecido mineralizado e manutenção da vitalidade pulpar, o mesmo grau de evidência ainda não está disponível para a maioria das resinas compostas, adesivos e

materiais restauradores liberadores de íons (Spagnoulo, 2022; Singer; Fouda; Bourauel, 2023).

Estudos recentes demonstram potencial remineralizador, capacidade de liberação iônica e melhora de determinadas propriedades físico-químicas (Kaga *et al.*, 2024; Piyush *et al.*, 2024; Azimi *et al.*, 2024), porém revisões sistemáticas e ensaios clínicos ainda não confirmam superioridade clínica consistente em relação aos materiais convencionais.

Dessa forma, as evidências atualmente disponíveis permitem concluir que a bioatividade constitui uma inovação científica real para determinadas categorias de biomateriais, especialmente os cimentos biocerâmicos, mas permanece, para grande parte dos materiais restauradores diretos, um conceito em processo de consolidação. (Arbildo-vega *et al.*, 2024; Lardani *et al.*, 2022)

A validação definitiva desse paradigma dependerá da realização de ensaios clínicos independentes, multicêntricos e de longo prazo, capazes de confirmar que os benefícios biológicos observados em laboratório resultaram, efetivamente, em maior longevidade restauradora e melhores desfechos clínicos para os pacientes (Guimarães *et al.*, 2024; Abozaid *et al.*, 2026).

6. CONCLUSÃO

Os materiais restauradores bioativos constituem uma alternativa promissora para a dentística contemporânea, com potencial de contribuir para a preservação e o reparo dos tecidos dentários. A pesquisa evidencia que sua aplicação clínica deve considerar o nível de evidência científica disponível para cada material e indicação,

evitando que estratégias mercadológicas determinem sua incorporação à prática odontológica.

Os materiais biocerâmicos apresentam maior sustentação científica para aplicações relacionadas ao reparo e à formação de tecido mineralizado, enquanto outros materiais bioativos ainda demandam maior comprovação clínica. Conclui-se que a consolidação dos materiais bioativos na prática restauradora depende do fortalecimento das evidências clínicas, especialmente por meio de estudos independentes, multicêntricos e de longo prazo, capazes de estabelecer sua efetividade, segurança e relevância clínica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOZAID, D.; *et al.* Bioactive restorative materials in dentistry: a comprehensive review of mechanisms, clinical applications, and future directions. **Odontology**. v. 114, n. 2, p. 349–377, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10266-025-01162-w>.

ARBILDO-VEGA, H. I.; *et al.* Clinical performance of ion-releasing restorative materials compared with conventional resin composites: a systematic review. **Dentistry Journal**. v. 12, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/dj12010001>.

AZIMI, P.; *et al.* Reinforcement of glass ionomer cement with zinc oxide and hydroxyapatite nanoparticles: effects on mechanical, antibacterial and fluoride release properties. **Heliyon**. v. 10, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.eXXXXX>.

GUIMARÃES, A. F. C.; TORRES, A. S.; BARROS, B. S.; TORRES, M. M.; MEIRELES, A. B.; ARAÚJO, C. T. P. Materiais bioativos na odontologia

restauradora: uma revisão de literatura. **Revista do CROMG.** v. 22, n. 4, p. 1-4, 2024. DOI: 10.61217/rcromg.v22.500.

INTERNATIONAL DENTAL FEDERATION. FDI policy statement: bioactive restorative materials. International Dental Journal, London, v. 73, n. 1, p. 9–10, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.identj.2022.11.013>.

KAGA, N.; *et al.* Evaluation of bioactive resin containing surface pre-reacted glass-ionomer (S-PRG) fillers on enamel remineralization. **Materials.**v.17, n.20, p.1-12, oct, 2024. DOI: 10.3390/ma17205101

KURU, E.; ERONAT,N.; TÜRKÜN,M.; ÇOĞULU.D. Comparison of remineralization ability of tricalcium silicate and of glass ionomer cement on residual dentin: an in vitro study. **BMC Oral Health.** v.17, n 732, p. 1-10, jun, 2024. doi:10.1186/s12903-024-04475-4

LARDANI,L.; DERCHI,G.; MARCHIO,V.; CARLI, E. One-Year Clinical Performance of Activa™ Bioactive-Restorative Composite in Primary Molars. **Children.** v.9, n.433, p. 1-14, mar, 2022. doi:10.3390/children9030433

MOTTA, R. X.; GUIOTTI, A. M.; MITTERHOFER, W. J. S. Abordagens Minimamente Invasivas na Odontologia Restauradora: Impactos Clínicos e Biológicos na Preservação da Estrutura Dentária. **Revista Tópicos.** v. 4, n. 35, p. 1-37, 2026. DOI: <https://doi.org/10.70773/revistatopicos/782872877>.

OLIVEIRA, M. et al. Bioactivity and cytotoxicity of commercial glass ionomer cements. **International Journal of Adhesion and Adhesives.** v.135. p.103845, dez, 2024.DOI:10.1016/j.ijadhadh.2024.103845

PEREIRA, A. C. C.; SOARES, A. K. L.; CARVALHO, L. D. S. L. Aplicação dos princípios biomiméticos na restauração de dentes com grande destruição coronária: revisão de literatura. **JNT Facit Business and Technology Journal**. v.1, n.73, p. 36–51, abr, 2026. DOI: 10.5281/zenodo.19569837.

PIRES, C.W.; *et al.* Mapping the scientific evidence on bioactive restorative materials for coronal dentine: a bibliometric review. **Bioengineering**. v.10, n.735, p.1-13, jun, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/bioengineering10060731>

PIYUSH, G.; KALYAN, S.S; APARNA, U.P.; KHYATI, G., & BASAWARAJ, B. Effects of novel additives on the mechanical and Biological properties of glass ionomer cement: An in vitro study. **Journal of conservative dentistry and endodontics**. v.27, n.5, p.503–507, maio, 2024. DOI: https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_81_24

REIS, A.; *et al.* Biomimetic restorative dentistry: an evidence-based discussion of common myths. **Journal of Applied Oral Science**. v.32, n. p.1-16, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2024-0271>.

SINGER, L.; FOUDA, A.; BOURAUUEL, C. Biomimetic approaches and materials in restorative and regenerative dentistry: review article. **BMC Oral Health**. v. 23, n. 1, p. 105, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-023-02808-3>.

SOUSA, M.F.; SILVA, V. N.; RIBEIRO, A.L.R. Odontologia estética contemporânea: revisão de literatura sobre técnicas restauradoras e materiais inovadores – uma revisão de literatura. **JNT Facit Business and Technology Journal**. v. 2, n. 62, p. 246–258, maio, 2025. DOI: 10.5281/zenodo.15530293.

SPAGNUOLO, G. Bioactive dental materials: the current status. **Materials.** v. 15, n. 6, p. 2016, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15062016>.

TORRES, A. S.; BARROS, B. S.; TORRES, M. M.; MEIRELES, A. B.; ARAÚJO, C. T. P. Aplicações de materiais bioativos em odontologia restauradora: uma revisão da literatura atual. **Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas.** v. 12, n. 24, p. 23, 2023. DOI: 10.70597/vozes.v11i24.1258.

VILELA, S. H.; VELA, B. F.; CAMPOS, A. L.; TRINCA, R. B.; BRAGA, R. R. Ion-releasing restorative materials and dentin remineralization: current strategies and future perspectives. **Dental Materials.** v. 41, n. 10, p. 1251–1265, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2025.07.009>.

¹ Discente do Curso Superior de Graduação em Odontologia da Faculdade de Saúde e Humanidades Ibituruna- FASI. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Discente do Curso Superior de Graduação em Odontologia da Faculdade de Saúde e Humanidades Ibituruna- FASI. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

³ Docente do Curso Superior de Graduação em Odontologia da Faculdade de Saúde e Humanidades Ibituruna- FASI. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁴ Docente do Curso Superior de Graduação em Odontologia da Faculdade de Saúde e Humanidades Ibituruna- FASI. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

