



Biomimética na Dentística Restauradora: Princípios Biomecânicos e Comparação com Abordagens Convencionais.

Autor(res)

Vivian Leite Martins
Arthur Carvalho Valois Marinho
Franklyn Da Silva Cerqueira
Ana Caroline Da Silva Carneiro

Categoria do Trabalho

Trabalho Acadêmico

Instituição

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIRUY WYDEN

Introdução

As ciências da saúde têm buscado continuamente o desenvolvimento de técnicas inovadoras que promovam melhores resultados clínicos. Na Odontologia, destaca-se a Odontologia Restauradora Biomimética, que tem ganhado crescente atenção por propor abordagens minimamente invasivas, maior preservação da estrutura dentária e restaurações com maior longevidade. Esse avanço está diretamente relacionado à evolução dos sistemas adesivos e dos materiais restauradores, os quais visam reproduzir o comportamento biomecânico e funcional dos tecidos dentários naturais (SEREDIN et al., 2021).

O conceito de biomimética (BMM) refere-se à aplicação de princípios biológicos na engenharia e na ciência dos materiais, com o objetivo de imitar estruturas e funções encontradas na natureza. Trata-se de um campo interdisciplinar que integra conhecimentos de química, física, matemática e engenharia para o desenvolvimento de materiais com propriedades otimizadas. Na odontologia, essa abordagem busca replicar as características do esmalte e da dentina, promovendo melhor desempenho mecânico, adesivo e estético das restaurações (Eldafrawy et al., 2021).

Durante muitos anos, a restauração dentária baseou-se no uso de materiais como o amálgama, que requeriam ampla remoção de estrutura dental e retenções mecânicas, com prejuízo estético. Esses métodos priorizavam a durabilidade mecânica em detrimento da preservação tecidual e da função biológica, contando com retenções físicas e bases protetoras para garantir a estabilidade da restauração. Apesar de sua confiabilidade histórica, tais abordagens apresentam limitações quanto à integração estética, adesão química ao dente e potencial para causar microtraumas ou microinfiltrações ao longo do tempo. Em contraste, a odontologia biomimética promove tratamentos mais conservadores, enfatizando a preservação da estrutura dental e a regeneração funcional, reduzindo a necessidade de preparos extensos e favorecendo a longevidade clínica das restaurações (Kimble et al., 2023).

Com a crescente demanda por tratamentos mais conservadores e esteticamente satisfatórios, associada aos



avanços das técnicas adesivas, as resinas compostas passaram a se destacar como principais materiais restauradores, especialmente em dentes posteriores, oferecendo não apenas melhores resultados estéticos, mas também desempenho clínico satisfatório e maior longevidade das restaurações (PACHECO NETO et al., 2024). Em contrapartida, embora as resinas compostas convencionais apresentem propriedades mecânicas satisfatórias, sua aplicação clínica ainda requer a técnica incremental, a fim de reduzir os efeitos da contração de polimerização e preservar a integridade marginal das restaurações.

Nesse cenário, as resinas do tipo bulk-fill emergem como uma alternativa tecnológica relevante, uma vez que permitem inserções em incrementos maiores, mantendo desempenho mecânico adequado e redução significativa, os efeitos da contração de polimerização. Tal característica contribui para a diminuição de falhas clínicas, como microinfiltração marginal, cárie secundária e fraturas, além de otimizar o tempo clínico e a produtividade profissional (SILVA et al., 2022). Adicionalmente, esses materiais apresentam elevada biocompatibilidade e boa aceitação clínica, consolidando-se como uma opção viável, especialmente em restaurações posteriores.

Sob a perspectiva biomimética, os biomateriais desempenham papel essencial ao buscar reproduzir funções biológicas naturais, podendo ser classificados conforme sua interação com o organismo em bioinertes, biotoleráveis ou bioativos. Os compósitos bulk-fill, especialmente aqueles com tecnologia nano e nano-híbrida, destacam-se por apresentarem propriedades ópticas e físicas que favorecem maior profundidade de polimerização, permitindo incrementos de até 4 a 5 mm sem prejuízo do desempenho clínico (SOUZA et al., 2024). Dessa forma, a utilização desses materiais está alinhada aos princípios da odontologia biomimética, ao possibilitar restaurações mais conservadoras, eficientes e duráveis.

A odontologia biomimética regenerativa fundamenta-se na capacidade de restaurar a estrutura e função dos tecidos dentários por meio da remineralização e regeneração, imitando processos biológicos naturais. A desmineralização da dentina, embora inicialmente reversível, pode evoluir para cavitação caso não haja reposição adequada de minerais; nesse contexto, abordagens convencionais baseiam-se no crescimento de cristais remanescentes, enquanto estratégias biomiméticas “bottom-up” promovem a formação de novos nanocristais de hidroxiapatita dentro da matriz colágena, utilizando materiais bioativos como vidro bioativo, CPP-ACP, fluoretos e zinco, além de análogos de proteínas não colágenas que favorecem a nucleação mineral e a estabilidade da interface adesiva (LIU et al., 2022). Paralelamente, a regeneração do complexo dentina-polpa por meio de materiais bioativos, fatores de crescimento e estratégias de recrutamento celular representa uma alternativa promissora às terapias convencionais, permitindo não apenas o reparo, mas a regeneração funcional dos tecidos, reforçando o papel da biomimética como abordagem inovadora na odontologia contemporânea (ALQUTAIBI et al., 2024).

A literatura analisada demonstra que, apesar dos avanços significativos nos materiais restauradores, ainda não existe um material capaz de reproduzir simultaneamente todas as propriedades biomecânicas, estéticas e biológicas dos tecidos dentários naturais. Além disso, a filosofia biomimética preconiza abordagens minimamente invasivas, como a remoção seletiva de tecido cariado e o estabelecimento de uma zona de selamento periférica, visando preservar a vitalidade pulpar e garantir maior resistência e durabilidade do dente restaurado (Kimble et al., 2023).



De forma geral, os achados reforçam que a biomimética na dentística restauradora deve ser compreendida como uma abordagem integrada, que combina materiais e técnicas para reproduzir o comportamento funcional do dente natural, uma vez que nenhum material isolado é capaz de atingir plenamente esse objetivo.

Objetivo

O presente estudo tem como objetivo analisar, por meio de uma revisão de literatura, a aplicação dos princípios biomiméticos na dentística restauradora, avaliando o desempenho mecânico, estético e biológico de diferentes materiais restauradores, como cerâmicas, resinas compostas e cimentos de ionômero de vidro, em comparação com abordagens convencionais, como amálgama e técnicas mecanicamente retentivas. Busca-se identificar vantagens, limitações e implicações clínicas desses materiais e técnicas, destacando a preservação da estrutura dentária, a longevidade das restaurações e a promoção de tratamentos minimamente invasivos, alinhados à filosofia biomimética.

Material e Métodos

Este estudo consistiu em uma revisão de literatura sistemática e narrativa com o objetivo de analisar a aplicação dos princípios biomiméticos na dentística restauradora, enfatizando aspectos biomecânicos, conservativos e funcionais, em comparação com abordagens convencionais de restauração dentária. A revisão teve como foco central compreender como os materiais e técnicas biomiméticas contribuem para a preservação da estrutura dental, melhoria da longevidade clínica das restaurações e alinhamento estético e funcional com os tecidos dentários naturais.

Foram realizadas buscas bibliográficas nas bases de dados PubMed, SciELO e Google Acadêmico, considerando artigos publicados nos últimos cinco anos (2021–2026), em idiomas português e inglês, garantindo a inclusão de literatura atualizada e relevante para a prática clínica. Para a pesquisa, foram utilizados os descritores em português e inglês: Odontologia biomimética / Biomimetic dentistry, Princípios biomecânicos / Biomechanical principles e Conservação tecidual / Tissue preservation. A combinação desses termos permitiu a seleção de publicações que abordassem tanto os fundamentos teóricos quanto a aplicação prática de materiais e técnicas biomiméticas na dentística restauradora.

Foram incluídos estudos experimentais *in vitro*, ensaios clínicos randomizados e não randomizados, revisões sistemáticas e revisões narrativas, que discutissem materiais utilizados na dentística restauradora biomimética. Entre os materiais analisados, destacam-se cerâmicas odontológicas como o dissilicato de lítio, resinas compostas convencionais e bulk-fill, cimentos de ionômero de vidro com liberação iônica e outras tecnologias bioativas, incluindo partículas de nano hidroxapatita e vidros bioativos incorporados a matrizes restauradoras.

Foram priorizados estudos que comparassem materiais biomiméticos com abordagens convencionais, incluindo amálgama, técnicas de retenção mecânica e preparos extensivos que tradicionalmente exigem remoção significativa de estrutura dentária. A análise considerou critérios de inclusão como: preservação da estrutura dental, resistência mecânica, estética, biocompatibilidade, capacidade de remineralização, caráter minimamente invasivo e potencial preventivo contra lesões secundárias ou cáries recorrentes. Adicionalmente, foram considerados artigos clínicos de longo prazo e revisões recentes sobre desempenho de resinas compostas, cerâmicas e cimentos, de modo a permitir uma comparação fundamentada entre filosofias restauradoras



convencionais e biomiméticas.

Além da análise direta de materiais restauradores, foram avaliadas estratégias regenerativas descritas na literatura científica recente, incluindo a remineralização bottom-up da dentina, que promove a formação de nanocristais de hidroxiapatita dentro da matriz colágena, e abordagens para regeneração do complexo dentina-polpa, utilizando materiais bioativos, fatores de crescimento e análogos de proteínas não colágenas. Essas estratégias refletem o enfoque biomimético no tratamento de lesões profundas, buscando não apenas reparar a estrutura dental, mas restaurar funcionalmente os tecidos, melhorando a integração entre esmalte, dentina e adesivo.

A metodologia adotada nesta revisão buscou reunir evidências atuais e consistentes, com ênfase em material científico indexado, possibilitando uma avaliação abrangente e crítica dos princípios biomiméticos, dos aspectos biomecânicos e da conservação tecidual aplicados à dentística restauradora. Esta abordagem permitiu identificar vantagens, limitações, lacunas na literatura e tendências emergentes no desenvolvimento de materiais e técnicas restauradoras, fornecendo uma base teórica e prática sólida para a aplicação clínica de métodos biomiméticos na odontologia restauradora contemporânea.

Resultados e Discussão

Os resultados da literatura demonstram que a eficácia da dentística restauradora biomimética está diretamente relacionada à capacidade dos materiais em reproduzir as propriedades estruturais e funcionais dos tecidos dentários naturais. O esmalte, altamente mineralizado e rígido, apresenta elevado módulo de elasticidade e resistência à compressão, porém depende do suporte da dentina, que é mais flexível e resiliente, formando um sistema biomecânico integrado essencial para dissipação de tensões mastigatórias. Nesse contexto, materiais restauradores que não respeitam essa relação biomecânica, como em abordagens convencionais, podem gerar concentrações de tensões, favorecendo falhas clínicas, como fraturas e microinfiltração (BAKHSHI et al., 2023).

Os tecidos dentários exibem propriedades biomecânicas distintas, fundamentais para a dissipação adequada das forças mastigatórias. O esmalte apresenta alto grau de mineralização (90–92%) e módulo de elasticidade entre 72 e 125 GPa, além de alta dureza superficial (2,23 a 7,18 GPa), sendo altamente resistente, porém frágil. Em contraste, a dentina possui menor mineralização, com módulo de elasticidade entre 14 e 38 GPa e maior flexibilidade, atuando como estrutura de suporte e absorvendo tensões. Essa relação biomecânica entre esmalte e dentina demonstra que restaurações eficazes devem reproduzir essa interação funcional, evitando concentrações de tensão que podem levar a falhas estruturais (SILVA, R. S. et al).

Materiais restauradores biomiméticos buscam aproximar-se das propriedades naturais dos tecidos dentários, promovendo melhor desempenho clínico. As cerâmicas odontológicas apresentam alto módulo de elasticidade, semelhante ao do esmalte, além de elevada dureza e resistência ao desgaste, o que favorece seu uso em restaurações indiretas submetidas a altas cargas mastigatórias. Estudos recentes demonstram altas taxas de sobrevivência clínica para restaurações cerâmicas, especialmente facetas, com desempenho favorável a longo prazo e baixa taxa de complicações, reforçando sua durabilidade (ALQUTAIBI et al., 2024).

As cerâmicas odontológicas, especialmente o dissilicato de lítio, destacam-se como materiais biomiméticos por apresentarem elevada estética, com propriedades ópticas semelhantes aos dentes naturais, além de alta resistência mecânica, estabilidade de cor e excelente biocompatibilidade. São amplamente indicadas em procedimentos minimamente invasivos, como facetas, pois permitem maior preservação da estrutura dental e



oferecem longevidade clínica. No entanto, apresentam limitações como alto custo, necessidade de processos laboratoriais e sensibilidade técnica (SILVA et al., 2022).

As resinas compostas, por sua vez, apresentam módulo de elasticidade mais próximo ao da dentina, contribuindo para melhor absorção de tensões e reforço da estrutura dental remanescente. Revisões sistemáticas atuais indicam taxas de sobrevivência em torno de 88% a 93% em períodos de até 10 anos, embora com necessidade de manutenção ao longo do tempo (BHAGWAT et al., 2025). Dessa forma, a escolha do material deve considerar não apenas suas propriedades mecânicas, mas também o comportamento clínico a longo prazo e a preservação da estrutura dentária.

As comparações dos materiais restauradores no contexto da odontologia biomimética evidenciam a atual superioridade das abordagens adesivas contemporâneas em relação às técnicas convencionais. Estudos clínicos recentes enfatizam uma taxa de falha reduzida para as restaurações em resina composta (11,98%) em comparação com as restaurações em amálgama (17,49%) em análises envolvendo grandes populações (SILVA et al., 2022), o que reflete a evolução significativa dos sistemas adesivos e a capacidade dos materiais adesivos de replicar biomimeticamente o comportamento biomecânico dos tecidos dentários. Contrariamente ao amálgama, que possui retenção mecânica e requer maior remoção da estrutura dentária. Apesar disso, o desempenho clínico das resinas está diretamente relacionado à técnica operatória e ao controle da umidade, enquanto o amálgama ainda demonstra maior tolerância a condições adversas (CUPERTINO et al., 2024).

A hidroxiapatita biomimética tem sido amplamente investigada na odontologia contemporânea por apresentar composição e estrutura semelhantes ao mineral presente nos tecidos dentários, o que favorece sua biocompatibilidade e integração com o esmalte e a dentina. Sua função está relacionada à capacidade de atuar como fonte de íons de cálcio e fosfato, essenciais para o equilíbrio mineral da cavidade oral, além de contribuir para a formação de uma camada protetora na superfície do dente. Dessa forma, esse material tem se destacado como uma alternativa promissora dentro da abordagem biomimética, especialmente por atuar ativamente na manutenção e recuperação das propriedades estruturais dos dentes (LIMEBACK; ENAX; MEYER, 2021).

Além disso, a hidroxiapatita biomimética destaca-se por sua capacidade de interagir quimicamente com o tecido dentário, promovendo deposição mineral e favorecendo processos de remineralização. Estudos clínicos demonstram que sua utilização pode reduzir significativamente a incidência de cárie, mesmo na ausência de flúor, evidenciando seu potencial como agente anticariogênico e bioativo (LIMEBACK; ENAX; MEYER, 2023).

Por outro lado, os cimentos de ionômero de vidro (CIV) destacam-se pela adesão química ao dente, liberação contínua de flúor e capacidade de atuar na prevenção de cáries, sendo considerados substitutos biomiméticos da dentina. Apresentam coeficiente de expansão térmica semelhante ao do tecido dentário e boa biocompatibilidade. Avanços recentes, como a incorporação de nano-hidroxiapatita, têm melhorado suas propriedades mecânicas e bioativas, embora ainda apresentem limitações como menor resistência e sensibilidade à umidade (Skalsky et al., 2021).

Os achados desta revisão reforçam que a odontologia biomimética representa uma mudança paradigmática em relação às abordagens restauradoras convencionais, ao priorizar a preservação tecidual e a integração funcional



entre material e estrutura dentária. A compatibilidade biomecânica entre esmalte, dentina e materiais restauradores mostrou-se determinante para o sucesso clínico, uma vez que a adequada distribuição de tensões reduz a ocorrência de falhas estruturais. Além disso, a incorporação de materiais bioativos amplia as possibilidades terapêuticas, promovendo não apenas o reparo, mas também a regeneração dos tecidos dentários. Dessa forma, a associação entre propriedades mecânicas adequadas, adesão eficiente e atividade biológica evidencia que a biomimética não se limita à substituição de tecidos, mas busca restabelecer a funcionalidade do sistema dentário como um todo.

A revisão também considera a perspectiva de que nenhum material isolado é capaz de reproduzir simultaneamente todas as propriedades funcionais do dente natural, reforçando a importância de uma abordagem integrada, que combine materiais, técnicas e estratégias regenerativas para obter restaurações mais duráveis, estéticas e funcionalmente eficientes. Ao mesmo tempo, evidencia-se a relevância de práticas minimamente invasivas, com remoção seletiva de tecido cariado e preservação de estruturas vitais, reforçando a filosofia biomimética como um avanço ético e clínico na odontologia contemporânea.

Conclusão

Este estudo evidencia que a abordagem biomimética na odontologia restauradora configura uma mudança paradigmática em relação às técnicas tradicionais, ao enfatizar a preservação dos tecidos dentários e a harmonização funcional com os materiais restauradores. Resinas compostas, cerâmicas odontológicas e cimentos de ionômero de vidro, demonstram capacidade de reproduzir, em distintos níveis, as propriedades biomecânicas do esmalte e da dentina, contribuindo para a redução de falhas clínicas. Ademais, protocolos que integram adesão eficaz e controle da contração de polimerização mostram-se determinantes para o êxito restaurador. Todavia, desafios como alta sensibilidade técnica, custos elevados e diferentes protocolos clínicos ainda limitam sua difusão. Soma-se a isso a predominância de estudos laboratoriais e de curta duração, o que restringe a extrapolação dos achados para a prática clínica em longo prazo, reforçando a necessidade de evidências clínicas mais consistentes.

Referências

SEREDIN, P. et al.

The molecular and mechanical characteristics of biomimetic composite dental materials composed of nanocrystalline hydroxyapatite and light-cured adhesive. *Biomimetics*, v. 7, n. 2, p. 35, 2022.

SILVA, R. S. et al. O uso de conceitos biomiméticos na Odontologia atual: revisão da literatura. *Revista Científica Odontológica*, 2022.

SKALSKYI, V. et al. Mechanical behavior and structural features of glass ionomer cements. *Materials Science and Engineering*, 2021.

ELDAFRAWY, M. E. et al. Biomimetic materials in restorative dentistry: a review. *Journal of Biomaterials Applications*, 2021.

KIMBLE, A. N. et al. Biomimetic restorative dentistry: current approaches and clinical implications. *Operative Dentistry*, 2023.

PACHECO NETO, A. G. et al.



Revolução do cuidado dental na odontologia: tratamentos minimamente invasivos e materiais biomiméticos. Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences, v. 6, n. 9, p. 2534–2542, 2024.

SOUZA, R. M. et al.

Odontologia estética contemporânea: revisão de literatura sobre técnicas restauradoras e materiais inovadores. Revista Científica de Odontologia, 2024.

LIU, Y. et al. Advances in biomimetic remineralization and dentin bonding stability. Dental Materials, v. 38, n. 5, p. 687–701, 2022.

BAKHSHI, H. et al. Biomimetic restorative dentistry: current concepts and clinical implications. Journal of Clinical and Experimental Dentistry, 2023.

SILVA, R. S. et al.

Propriedades biomecânicas dos tecidos dentários e sua relação com materiais restauradores. Revista Contemporânea, 2024.

CUPERTINO, N. O. et al. Razões para substituição de restaurações em amálgama por resina composta: revisão de literatura. Revista FT, v. 29, n. 141, 2024.

LIMEBACK, H.; ENAX, J.; MEYER, F. Biomimetic hydroxyapatite and caries prevention: a systematic review and meta-analysis. Canadian Journal of Dental Hygiene, v. 55, n. 3, p. 148–159, 2021.

LIMEBACK, H.; ENAX, J.; MEYER, F. Clinical evidence of biomimetic hydroxyapatite in oral care products for reducing dentin hypersensitivity: an updated systematic review and meta-analysis. Biomimetics (Basel), v. 8, n. 1, p. 23, 2023. DOI: 10.3390/biomimetics8010023.

BHAGWAT, S. et al. Longevity of Amalgam Versus Composite Resin Restorations in Permanent Posterior Teeth: a Systematic Review. Cureus, v. 17, n. 7, e88836, 2025.