



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

ANA CAROLINA FIGUEIREDO SILVA

**ODONTOLOGIA BIOMIMÉTICA: UMA REVISÃO SOBRE NOVOS
PARADIGMAS PARA RESTAURAÇÕES DENTÁRIAS**

Rondonópolis/MT

2026

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

ANA CAROLINA FIGUEIREDO SILVA

**ODONTOLOGIA BIOMIMÉTICA: UMA REVISÃO SOBRE NOVOS
PARADIGMAS PARA RESTAURAÇÕES DENTÁRIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Banca Avaliadora do Curso de Odontologia, da
Faculdade FASIPE, como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em Odontologia.

Orientadora: Prof^a Mariana Coelho

**Rondonópolis/MT
2026**

ANA CAROLINA FIGUEIREDO SILVA

ODONTOLOGIA BIOMIMÉTICA: UMA REVISÃO SOBRE NOVOS PARADIGMAS
PARA RESTAURAÇÕES DENTÁRIAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Curso de Odontologia, da Faculdade FASIPE, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Odontologia.

Aprovado em ____/____/____

Professora Orientadora: Prof.^a Mariana Coelho
Curso de Odontologia - FASIPE

Professor(a) Avaliador(a):
Curso de Odontologia – FASIPE

Professor(a) Avaliador(a):
Curso de Odontologia – FASIPE

Professor(a) Avaliador(a):
Coordenador do Curso de Odontologia - FASIPE

Rondonópolis - MT
2026

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe e ao meu marido, que estiveram ao meu lado em todos os momentos desta caminhada. Pelo amor, apoio, compreensão e incentivo constante, foram eles a base que me sustentou diante dos desafios e a motivação necessária para seguir em frente em busca dos meus objetivos. Esta conquista também é de vocês.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a Deus, por me conceder força, sabedoria e perseverança para superar os desafios encontrados e por me permitir alcançar esta importante conquista.

Ao meu marido, pelo amor, companheirismo, paciência e incentivo constantes. Obrigada por estar ao meu lado em todos os momentos de desafios, acreditando no meu potencial sempre.

Aos meus pais e familiares, pelo apoio incondicional, pelos ensinamentos, pelo carinho e por todo incentivo ao longo da minha vida acadêmica e pessoal. Esta conquista também pertence a vocês.

À minha orientadora, Prof.^a Mariana Coelho, pela dedicação, confiança, paciência e orientação durante o desenvolvimento deste trabalho, contribuindo de forma fundamental para sua realização.

Aos professores e ex-professores que fizeram parte da minha formação, pelos conhecimentos compartilhados, pelos ensinamentos transmitidos e pela contribuição para meu crescimento acadêmico, profissional e humano.

Aos colegas e amigos que compartilharam comigo esta jornada, oferecendo apoio, incentivo e momentos de aprendizado ao longo do curso.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e para a concretização desta etapa tão importante da minha vida.

Meus sinceros agradecimentos a todos.

EPÍGRAFE

Nunca desista de um sonho apenas por causa
do tempo que levará para realizá-lo.

O tempo passará de qualquer forma.

Earl Nightingale

SILVA, Ana Carolina Figueiredo. Odontologia Biomimética: uma revisão sobre novos paradigmas para restaurações dentárias. 2026. 41 f.

Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade FASIPE

RESUMO

A odontologia biomimética é uma forma mais moderna de restaurar os dentes, tentando deixar eles o mais parecido possível com um dente natural. Diferente das técnicas antigas, que muitas vezes desgastavam mais o dente, essa abordagem busca preservar ao máximo a estrutura saudável. Este trabalho teve como objetivo mostrar os principais benefícios, limitações, materiais e técnicas usados na odontologia biomimética, comparando essa abordagem com as restaurações tradicionais. Para isso, foi feita uma revisão de literatura utilizando artigos científicos publicados entre os anos de 1997 e 2025. Os estudos mostraram que a odontologia biomimética utiliza materiais que ajudam a devolver resistência, estética e função ao dente, como resinas compostas, cerâmicas, cimento de ionômero de vidro e fibras reforçadoras. Além disso, essa técnica ajuda a diminuir desgastes desnecessários da estrutura dental e melhora a distribuição das forças da mastigação, aumentando a durabilidade das restaurações. Porém, a literatura também mostra algumas desvantagens, como o alto custo dos materiais, a maior dificuldade da técnica e a falta de mais estudos clínicos de longo prazo. Dessa forma, conclui-se que a odontologia biomimética apresenta resultados positivos e vem se tornando uma alternativa importante na odontologia restauradora, principalmente por preservar melhor a estrutura do dente e proporcionar resultados mais naturais e duradouros.

Palavras-chave: biomimetismo; materiais restauradores; odontologia biomimética; odontologia restauradora; restaurações dentárias.

SILVA, Ana Carolina Figueiredo. Biomimetic dentistry: a review of new paradigms for dental restorations. 2026. 41 f.

Undergraduate Thesis in Dentistry – Faculdade FASIPE

ABSTRACT

Biomimetic dentistry is a more modern way of restoring teeth, trying to make them as similar as possible to a natural tooth. Unlike older techniques, which often removed more dental structure, this approach seeks to preserve as much healthy tooth structure as possible. This study aimed to present the main benefits, limitations, materials, and techniques used in biomimetic dentistry, comparing this approach with traditional restorations. For this purpose, a narrative literature review was carried out using scientific articles published between 1997 and 2025. The studies showed that biomimetic dentistry uses materials that help restore strength, aesthetics, and function to the tooth, such as composite resins, ceramics, glass ionomer cement, and reinforcing fibers. In addition, this technique helps reduce unnecessary wear of the dental structure and improves the distribution of chewing forces, increasing the durability of restorations. However, the literature also points out some disadvantages, such as the high cost of materials, greater technical difficulty, and the lack of long-term clinical studies. Therefore, it is concluded that biomimetic dentistry presents positive results and has become an important alternative in restorative dentistry, mainly because it better preserves the tooth structure and provides more natural and long-lasting results.

Keywords: biomimetics; biomimetic dentistry; dental restorations; restorative dentistry; restorative materials.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Problematização.....	11
1.2 Justificativa.....	12
1.3 Hipóteses.....	13
1.4 Objetivos.....	13
1.4.1 Objetivo Geral.....	13
1.4.2 Objetivos Específicos.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Origem e Conceito de Biomimética.....	14
2.2 Relação da Biomimética e a Odontologia.....	16
2.3 Materiais Restauradores Biomiméticos.....	18
2.3.1 Cimento de Ionômero de Vidro.....	21
2.3.2 Resina Composta Dentária.....	22
2.3.3 Cerâmicas Dentárias.....	23
2.3.4 Fitas de polietileno reforçadas (RIBBOND).....	24
2.4 Técnicas utilizadas em restaurações biomiméticas.....	26
2.5 Limitações da biomimética.....	28
2.6 Perspectivas futuras da odontologia biomimética.....	29
3. METODOLOGIA.....	31
3.1 Tipo de Pesquisa.....	31
3.2 Unidades de Análise e Procedimento.....	32
3.3 Técnicas de Coleta e Análise de dados.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
REFERÊNCIAS.....	37

1. INTRODUÇÃO

A odontologia biomimética representa uma fronteira inovadora na restauração dentária, cujo foco transcende a reparação estética para alcançar a reprodução fiel das propriedades funcionais, estruturais e biológicas dos tecidos dentários (BASHEER; MADHUBALA; MAHALAXMI, 2020, p.20). Impulsionada por um crescimento de pesquisas na última década, essa abordagem integra o conhecimento das propriedades mecânicas do esmalte e da dentina a protocolos adesivos avançados e materiais bioativos. Essa sinergia tem como objetivo central minimizar a remoção de tecido saudável e promover uma significativa maior longevidade das restaurações (SHAH, 2021, p. 14; VAN MEERBEEK et al., 2003, p. 216).

Nesse contexto, os avanços em materiais biomiméticos têm se concentrado no desenvolvimento de compósitos, cerâmicas, ionômeros de vidro modificados, com especial ênfase em tecnologias que permitam remineralização dentinária, selamento imediato da dentina e protocolos adesivos que reduzam falhas de interface (ABDELLAH; ELSHEHAWY; IBRAHIM, 2019, p. 400; DIONYSOPOULOS; GERASIMIDOU, 2020, p. 2). Essas inovações visam tanto melhorar a resistência mecânica quanto preservar a integridade biológica do dente, reduzindo microinfiltrações, fraturas e falhas marginais (ZAFAR et al., 2020, p. 7). O desenvolvimento e a aplicação desses materiais seguem a lógica central da odontologia minimamente invasiva, priorizando a máxima preservação dos tecidos dentários originais (SHAH, 2021, p. 14; FERRACANE, 2011, p. 36).

Esse movimento representa uma genuína mudança de paradigma no setor, migrando do preparo extensivo para intervenções minimamente invasivas. As abordagens biomiméticas não apenas favorecem essas técnicas, mas também o uso criterioso de restaurações indiretas, sempre com o objetivo de preservar a estrutura dental remanescente, fator crucial para maior resistência estrutural e redução do risco de fraturas (MAGNE; BELSER, 2002, p. 17–19; SHAH, 2021, p. 14–15; REIS et al., 2024, p. 2–3).

Apesar desses progressos, persistem desafios relevantes: a adesão eficaz à dentina desmineralizada (VAN MEERBEEK et al., 2003, p. 216–218), a durabilidade a longo prazo dos materiais biomiméticos e do híbrido resina–dentina (GAO et al., 2024, p. 42–45; SAURO; CARVALHO; FERRACANE, 2025, p. 2–5) a estética integrada com biocompatibilidade (SAURO; CARVALHO; FERRACANE, 2025, p. 2–3), e o custo/complexidade técnica dos procedimentos (SINGER; FOU DA; BOURAUEL, 2023, p. 11–12). Diante dessas lacunas, torna-se crucial uma revisão de literatura, método que possibilita reunir e interpretar criticamente as evidências existentes sobre determinado tema (GREEN; JOHNSON; ADAMS, 2006), a fim de investigar se os benefícios prometidos pela abordagem biomimética são confirmados, bem como identificar com clareza as dificuldades relatadas e, de forma crítica, contrastar sua efetividade clínica de longo prazo com a das restaurações tradicionais.

Neste projeto será realizada uma revisão de literatura com o propósito de sintetizar as evidências disponíveis e elaborar uma análise crítica que confronte os benefícios prometidos pela odontologia biomimética com as suas limitações práticas. Ao buscar responder se o potencial de superioridade em longo prazo se sustenta diante dos desafios de aplicação clínica, este projeto de pesquisa pretende não apenas consolidar o conhecimento atual sobre o tema, mas também fornecer um mapa claro dos caminhos que a pesquisa futura precisa percorrer para que este paradigma possa, de fato, transformar a prática restauradora.

1.1 Problematização

Apesar dos avanços nos materiais restauradores, os materiais restauradores convencionais ainda apresentam limitações significativas quanto à longevidade, resistência e estética. A alta taxa de falhas em restaurações convencionais, somada à necessidade de substituições com o passar do tempo, nos mostra a importância de alternativas que promovam maior biomimetismo, isto é, a capacidade de reproduzir as propriedades biológicas, mecânicas e estéticas dos tecidos dentários naturais. Surge, então, a questão: quais os benefícios e limitações da odontologia biomimética em comparação às abordagens restauradoras tradicionais em termos de longevidade, resistência e estética?

1.2 Justificativa

A odontologia biomimética está na vanguarda da dentística restauradora, de modo que seu princípio fundamental de restaurar dentes respeitando a estrutura dental, utilizando materiais que mimetizam as propriedades naturais do esmalte e da dentina, representa uma mudança de paradigma em relação às abordagens convencionais. A promessa desta filosofia é a de oferecer restaurações mais resistentes, com melhor integração biomecânica, estética e menor necessidade de desgaste dentário, fatores diretamente ligados à longevidade do tratamento e à satisfação do paciente.

No entanto, não é de fácil resolução que uma transição ocorra na direção da prática clínica consolidada para adoção de um novo conceito promissor. A relevância desta revisão de literatura reside em investigar criticamente essa transição, ou seja, não se limitará a catalogar seus benefícios teóricos, este trabalho buscará identificar se os fundamentos da odontologia biomimética sustentam, de fato, uma superioridade clínica de longo prazo. Além disso, o estudo pretende identificar as dificuldades de ordem técnica, econômica ou de base científica que ainda limitam sua adoção em larga escala.

Dessa forma, o estudo contribuirá tanto para a prática clínica para o meio acadêmico, ao oferecer uma análise crítica que auxilia na tomada de decisão, quanto para o avanço científico, pois pretende mapear lacunas de conhecimento e direcionar futuras pesquisas para solucionar as limitações identificadas. Espera-se que isso ajude a consolidar este, que se apresenta como o futuro da odontologia restauradora.

1.3 Hipóteses

Considerando as potencialidades da odontologia biomimética, hipotetiza-se que a literatura sustenta sua aplicação como uma abordagem restauradora superior em longo prazo, em razão da maior integração biológica, do desempenho clínico aprimorado e da preservação da estrutura dental. Cabe a esta revisão de literatura investigar as principais vantagens, bem como as limitações que ainda desafiam sua adoção em larga escala.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Analisar os princípios, aplicações, benefícios e limitações da odontologia biomimética, comparando sua efetividade em relação às técnicas restauradoras tradicionais.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Revisar os conceitos fundamentais, as origens e a evolução da odontologia biomimética.
- Identificar os principais materiais e técnicas utilizados em restaurações biomiméticas.
- Entender os benefícios e as dificuldades da odontologia biomimética em comparação às restaurações tradicionais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e Conceito de Biomimética

O termo biomimética tem origem das palavras gregas *bios* (vida) e *mimesis* (imitação), sendo cunhado por Otto Schmitt na década de 1950 para designar a transferência de princípios biológicos para a engenharia e tecnologia (VINCENT et al., 2006, p. 471; BARCOHEN, 2005, p. 1). Schmitt empregou o termo oficialmente alguns anos depois, em um de seus artigos, e ele ganhou reconhecimento público quando foi incluído no Dicionário *Webster*, em 1974. Nessa publicação, biomimética foi definida como o estudo da estrutura, formação e funcionamento de substâncias e materiais produzidos biologicamente, tais como enzimas, por exemplo, bem como de mecanismos naturais, como a síntese proteica e a fotossíntese, com o propósito de criar produtos artificiais que imitem esses processos naturais (VINCENT et al., 2006, p. 471).

A partir dos anos 1990, o conceito foi popularizado por Janine Benyus, que o ampliou para uma filosofia de inovação sustentável baseada nos modelos e processos da natureza (BENYUS, 1997, p. 2–3). Assim, em acordo com sua própria origem, a biomimética é compreendida como um campo interdisciplinar inspirado nos sistemas biológicos da natureza, que busca desenvolver materiais e tecnologias artificiais capazes de reproduzir as propriedades e funções de estruturas naturais (KUMAR et al., 2020, p. 2). Essa abordagem combina conhecimentos de química, física, biologia, engenharia e ciência dos materiais, com o objetivo de compreender e imitar a formação, a estrutura e o comportamento de substâncias biológicas (VINCENT et al., 2006, p. 471).

A biomimética foi aplicada à ciência dentária inicialmente em nível molecular, ou seja, voltada à compreensão e reprodução de processos biológicos em escala microscópica. Entretanto, um novo paradigma emergiu quando o foco passou ao nível macroscópico, e passou a considerar os aspectos biomecânicos e estéticos das restaurações dentárias. Esse movimento foi impulsionado pelos estudos de Magne e Douglas (1999, p. 1-3), que

propuseram critérios modernos para racionalizar a odontologia restauradora com base nos princípios biomiméticos, segundo os quais o dente deve servir como modelo estrutural e funcional da restauração, permitindo que o material restaurador reproduza a rigidez, a resistência e o comportamento óptico do esmalte e da dentina, garantindo a integridade biomecânica do conjunto dente–restauração.

Na odontologia contemporânea, o conceito de biomimetismo está diretamente relacionado à preservação da estrutura dental íntegra, princípio fundamental da odontologia adesiva e restauradora (DIONYSOPOULOS; GERASIMIDOU, 2020, p. 1–3). Além disso, representa a aplicação de princípios e processos naturais no desenvolvimento de materiais e tecnologias inovadoras, traduzindo soluções observadas na biologia para o contexto técnico e promovendo a sustentabilidade ao longo de todo o ciclo de vida dos materiais, desde o uso de matérias-primas até sua reciclabilidade (KUMAR et al., 2020, p. 2).

Nesse contexto, a mimetização refere-se à reprodução do modelo de um dente íntegro (esmalte, cemento e dentina), buscando preservar sua estrutura e funcionalidade. Esse conceito está diretamente associado à odontologia adesiva, que utiliza materiais restauradores capazes de se integrar aos tecidos dentários e formar estruturas híbridas que conciliam resistência mecânica, estética e conservação do tecido dental. Assim, a odontologia biomimética propõe restaurações que reproduzem as propriedades físicas e ópticas dos tecidos naturais, promovendo equilíbrio entre biomecânica e estética (SOUSA; SILVA; RIBEIRO, 2021, p. 3; BARROS; FUENTES; MENEGHELI, 2024, p. 4).

Reconhecida por ser o ramo da ciência que explora a beleza técnica da natureza ao nosso redor, esta técnica de estudo traz conceitos e novos protocolos que proporciona longevidade em restaurações e regenerações dentárias, reduzindo retratamentos a curto prazo, considerando as suas propriedades físico-químicas, trazendo a nomenclatura de “engenharia dos tecidos” (SINGER; FOUUDA; BOUNEL, 2023, p. 2).

A engenharia de tecidos explorada nesta área em destaque no presente estudo, dispõe para o campo da regeneração, uma tríade passa a ser composta por células-tronco, arcabouços (scaffolds) e fatores de crescimento, afim de reconstruir, ou mimetizar, estruturas já perdidas, como já vem sendo pesquisado na endodontia regenerativa, proporcionando a capacidade de

“guiar” a natureza para que o próprio organismo seja capaz de recuperar o tecido lesado (SOUSA; SILVA; RIBEIRO, 2021, p. 3).

A transformação de paradigmas na reabilitação oral proporciona destaque a regeneração biológica, imitando propriedades físicas, mecânicas, estéticas e químicas, do elemento dental e suas estruturas, como o esmalte, a dentina e o cimento, por meio de biomateriais avançados e a possibilidade de aperfeiçoar a adesão, replicando a força de união ao remanescente dental, buscando preservar a sua vitalidade e integridade por um maior tempo, quando comparado a odontologia tradicional (DIONYSOPOULOS; GERASIMIDOU, 2020, p. 1–3).

Portanto, a odontologia biomimética é uma abordagem restauradora interdisciplinar, fundamentada em quatro paradigmas principais: melhorar a união entre o material restaurador e o dente, garantir selamento marginal duradouro, preservar a vitalidade pulpar e reduzir o estresse durante a polimerização (REIS et al., 2024, p. 1–2).

2.2 Relação da Biomimética e a Odontologia

Como visto anteriormente, a odontologia biomimética constitui um campo híbrido entre arte e ciência voltado à reparação de danos dentários por meio de abordagens que imitam o comportamento e a estrutura dos tecidos vivos, como esmalte, dentina, cimento e osso. Essa filosofia busca não apenas reproduzir a aparência, mas também a função e resistência dos dentes naturais, auxiliando o cirurgião-dentista e o estudante a compreender o funcionamento biológico do dente para desenvolver restaurações que se comportem de modo semelhante ao tecido original. O objetivo central é preservar a vitalidade e a estrutura dentária, promover sustentabilidade e longevidade às reabilitações e evitar a necessidade de retratamentos (DIONYSOPOULOS; GERASIMIDOU, 2020, p. 1–3).

O princípio fundamental da biomimética é que o elemento dental sirva como modelo primordial para toda reconstrução. A restauração biomimética tem como meta devolver aos tecidos dentários preparados a função plena, criando uma ligação rígida e adesiva que restabeleça a transmissão esperada das tensões mastigatórias e recupere a integridade biomecânica do conjunto dente–restauração (MAGNE; BELSER, 2002, p. 19–21). Essa

perspectiva consolidou uma verdadeira mudança de paradigma na odontologia restauradora, ao deslocar o foco de restaurações substitutivas para reconstruções integrativas, que respeitam a biomecânica e a fisiologia do dente.

A partir desses fundamentos, a biomimética depende simultaneamente da capacidade regenerativa dos tecidos biológicos e da reprodução funcional de suas propriedades naturais. Nessa perspectiva, o elemento dental é considerado o modelo primordial que orienta a reconstrução clínica, de modo que o sucesso da restauração está condicionado à imitação precisa de suas propriedades mecânicas, ópticas e biológicas, tornando a restauração uma verdadeira continuação do tecido dentário (MAGNE; DOUGLAS, 1999, p. 1–3).

Dionysopoulos e Gerasimidou (2020, p. 2), descrevem a odontologia biomimética como uma filosofia clínica que preserva a estrutura dentária saudável e maximiza a adesão entre materiais e substratos biológicos, consolidando-se como a forma mais refinada da odontologia minimamente invasiva. Kumar *et al.* (2020, p. 2), complementam que esta ciência abrange uma ampla variedade de aplicabilidades, como a biomimética molecular, funcional e estrutural, trazendo o conceito de “Engenharia dos Tecidos”.

A aplicação clínica dessa filosofia traduziu-se no uso de materiais restauradores avançados, como nanocompósitos, vidros bioativos e cimentos de fosfato de cálcio, que imitam as propriedades físicas do esmalte e da dentina e permitem restaurações biocompatíveis e duradouras (SONI; SONI; SONI, 2025, p. S1067–S1069). Esses materiais, associados a protocolos adesivos modernos, possibilitam a regeneração funcional de tecidos, a remineralização da dentina e a melhor integração biomecânica, reduzindo falhas e aumentando a longevidade das reabilitações (ABOZAID *et al.*, 2025, p. 4).

Mais recentemente, os avanços tecnológicos em materiais bioativos e biomiméticos ampliaram a aplicabilidade clínica dessa abordagem. Esses materiais contemporâneos, como resinas bulk-fill, cerâmicas odontológicas e ionômeros de vidro modificados, incorporam princípios de biomecânica, bioatividade e sustentabilidade, sendo capazes de promover reparação e regeneração dentária com mínima perda estrutural (NETO *et al.*, 2024, p. 2535–2538). Tais avanços tecnológicos tornaram a odontologia biomimética um modelo de intervenção conservadora e previsível, ao mesmo tempo em que introduziram uma nova

geração de materiais restauradores inspirados nos tecidos naturais, tema que será abordado no tópico seguinte.

A integração entre princípios biomiméticos e práticas odontológicas modernas resulta, portanto, em uma abordagem menos interventiva, mais biocompatível e duradoura, que respeita os limites fisiológicos do dente e restaura não apenas sua forma e função, mas também sua integridade biológica e estética. Essa combinação de ciência, tecnologia e filosofia clínica redefine o cuidado odontológico atual, promovendo terapias estáveis, sustentáveis e em harmonia com os princípios da natureza (REIS *et al.*, 2024, p. 1–2; DIONYSOPOULOS; GERASIMIDOU, 2020, p. 3).

2.3 Materiais Restauradores Biomiméticos

Os materiais restauradores biomiméticos representam a materialização prática dos princípios da odontologia biomimética, sendo projetados para reproduzir as propriedades físicas, químicas e biológicas dos tecidos dentários naturais (REIS *et al.*, 2024, p. 1). Essa nova geração de materiais busca imitar não apenas a aparência estética dos dentes, mas também sua resiliência, elasticidade e comportamento funcional, especialmente na interface entre o esmalte e a dentina, uma zona crítica para a integridade biomecânica da restauração (DIONYSOPOULOS; GERASIMIDOU, 2020, p. 2).

A aplicação desses materiais baseia-se em compreender e replicar o gradiente funcional do dente, cuja rigidez e composição variam do esmalte altamente mineralizado à dentina mais elástica. Assim, o material restaurador ideal deve possuir módulo de elasticidade (ME) e comportamento tensional semelhantes aos desses tecidos, assegurando uma distribuição equilibrada das forças mastigatórias e reduzindo o risco de fraturas (ZAFAR *et al.*, 2020, p. 5).

Entre os principais biomateriais empregados na odontologia biomimética destacam-se os cimentos de ionômero de vidro, as resinas compostas dentárias e as cerâmicas odontológicas de última geração, cada qual com propriedades específicas voltadas à reprodução funcional e estética dos tecidos dentários. Esses materiais foram desenvolvidos

para otimizar a adesão, resistência e durabilidade das restaurações, respeitando a biomecânica estrutural do dente (esmalte e dentina) (BARROS; FUENTES; MENEGHELI, 2024, p. 4).

Os compósitos híbridos e nanocompósitos, por exemplo, apresentam excelente integração óptica e mecânica com o esmalte e a dentina, aproximando-se do gradiente funcional dessas estruturas (SONI; SONI; SONI, 2025, p. 1068). Já as cerâmicas vítreas e laminadas permitem restabelecer simultaneamente a forma e a função, com elevada estabilidade de cor e resistência ao desgaste (MAGNE; BELSER, 2002, p. 64–70; MAGNE; DOUGLAS, 1999, p. 1–3). Os ionômeros de vidro modificados, por sua vez, oferecem potencial bioativo, liberando íons cálcio, flúor e fosfato que favorecem a remineralização da interface adesiva e a longevidade clínica das restaurações (DIONYSOPOULOS; GERASIMIDOU, 2020, p. 2; REIS *et al.*, 2024, p. 2–3).

No Quadro 1, é possível observar que a escolha do material na odontologia restauradora biomimética depende da capacidade de simular as propriedades mecânicas e biológicas dos tecidos dentários:

Quadro 1. Aspectos biomiméticos dos biomateriais na odontologia restauradora.

Propriedade	Cimento de Ionômero de Vidro (CIV)	Resina Composta	Cerâmica (Porcelana/Zircônia)
Função biomimética	Módulo de elasticidade similar ao da dentina.	Versatilidade (substitui esmalte e dentina).	Substitui o esmalte nos aspectos de alta dureza e estética.
Adesão	Química e intrínseca à estrutura dental.	Micromecânica (exige sistema adesivo).	Micromecânica e química (cimentação adesiva).
Resistência mecânica	Baixa, frágil em áreas de carga.	Intermediária a alta (se reforçada).	Muito elevada e durável.
Estética	Limitada (opacidade elevada).	Excelente (mimetismo e polimento).	Superior (translucidez e estabilidade de cor).
Expansão térmica	Similar ao dente.	Superior à estrutura dentária (pode causar tensões).	Próxima à do dente.
Biocompatibilidade	Alta (libera flúor).	Boa (mas, sensível à	Excelente (inerte).

		técnica).	
Contração	Mínima.	Relevante (contração de polimerização).	Nula (processamento laboratorial).

Fonte: ZAFAR *et al.*, (2020, p. 1-4).

Com isso, os compósitos de resina e cerâmicas híbridas são indicados para mimetizar o esmalte dentário e a dentina, respectivamente, já em danos categorizados como moderados, é ideal a aplicação de materiais com compósitos de resina dentária, e casos complexos, como em fraturas ou desgastes excessivos, recomenda-se o uso de restaurações de porcelana (BARROS; FUENTES; MENEGHELI, 2024, p. 9).

A importância da aplicabilidade desta técnica consiste principalmente na possibilidade de preservar o remanescente dental, que enquanto a técnica convencional de restaurações exige a realização de preparos cavitários de forma a garantir a retenção mecânica do material, sendo necessário a remoção de tecido saudável, trazendo fragilidade ao elemento, a técnica biomimética proporciona, através de avanços na adesão, a remoção apenas do tecido infectado e manutenção da estrutura afetada, que é passível de remineralização (ABOZAID *et al.*, 2025, p. 5).

Como exposto anteriormente, a odontologia restauradora convencional dispõe de compósitos que não correspondem às estruturas dentária, como o esmalte e a dentina, embora biocompatíveis, assim, pode ocasionar fraturas no remanescente dental, e a biomimética dispõe da possibilidade de permitir que traga novamente a função sob a carga mastigatória, simulando a real elasticidade da dentina e o aspecto de dureza do esmalte (BARROS; FUENTES; MENEGHELI, 2024, p. 4).

Dessa forma, a odontologia biomimética integra ciência dos materiais, biologia e tecnologia para selecionar o material restaurador mais compatível com cada substrato dental, conforme a função estrutural e o tipo de carga mecânica envolvida. Nos tópicos seguintes, serão abordados individualmente os principais grupos de materiais restauradores biomiméticos, enfatizando suas propriedades, indicações e limitações clínicas.

2.3.1 Cimento de Ionômero de Vidro

O cimento de ionômero de vidro (CIV) é um material restaurador muito utilizado na odontologia atualmente e é composto por pó de vidro de fluoraluminosilicato e solução aquosa de ácido poliacrílico. A reação ácido–base entre esses componentes resulta na formação de uma matriz vítrea sólida capaz de se aderir quimicamente aos tecidos dentários. Essa característica, aliada à liberação contínua de flúor, confere ao CIV propriedades bioativas e biomiméticas, tornando-o um dos primeiros materiais realmente integrados aos princípios da odontologia minimamente invasiva (DIONYSOPOULOS; GERASIMIDOU, 2020, p. 2).

Além de se unir quimicamente ao esmalte e à dentina, o CIV apresenta coeficiente de expansão térmica semelhante ao dos tecidos dentários, o que é importante para reduzir tensões internas e microfissuras. Sua liberação sustentada de íons flúor, cálcio e fosfato contribui para a remineralização da dentina adjacente, auxiliando na prevenção de cáries secundárias e na manutenção da integridade do substrato (GAO *et al.*, 2024, p. 61–63; ZAFAR *et al.*, 2020, p. 5).

Em contrapartida, os CIVs convencionais apresentam limitações importantes, como baixa resistência à compressão, o que pode resultar em fraturas subsequentes sob cargas mastigatórias elevadas, tempo de trabalho reduzido, endurecimento inicial lento (presa lenta) e alta sensibilidade à umidade durante essa fase de presa. Esse processo de endurecimento gradual, característico da reação ácido–base do material, deixa o cimento vulnerável à contaminação por saliva ou água nas primeiras horas, o que pode comprometer sua integridade superficial e adesão marginal (NETO *et al.*, 2024, p. 2537). Para superar essas desvantagens, foram desenvolvidas versões modificadas por resina, conhecidas como CIVs híbridos ou RMGICs (*Resin-Modified Glass Ionomer Cements*), que incorporam monômeros resinosos fotopolimerizáveis, melhorando as propriedades mecânicas e o controle clínico (REIS *et al.*, 2024, p. 2–3).

Os CIVs modificados mantêm as propriedades bioativas do material original, preservando a liberação de flúor e a adesão iônica à dentina, mas apresentam melhor resistência e menor sensibilidade à umidade, ampliando seu uso em restaurações cervicais,

bases cavitárias e procedimentos restauradores em áreas de menor carga oclusal. Dessa forma, os CIVs, em suas formulações convencionais ou modificadas, continuam sendo materiais estratégicos dentro da odontologia biomimética, por aliarem biocompatibilidade, bioatividade e simplicidade técnica (DIONYSOPOULOS; GERASIMIDOU, 2020, p. 2; REIS et al., 2024, p. 3). Desse modo, os avanços tecnológicos e a pesquisa em novos biomateriais têm aprimorado continuamente o desempenho desses cimentos, ampliando suas aplicações clínicas e abrindo perspectivas para o desenvolvimento de formulações ainda mais resistentes e duráveis (REIS et al., 2024, p. 3; NETO et al., 2024, p. 2537).

Como desvantagens significativas, o material biomimético em questão dispõe de baixa resistência mecânica, seja relacionado à tração ou ao desgaste, assim é contraindicado sua aplicabilidade em cavidades de grandes cargas oclusais, além disso, apresenta a sensibilidade à umidade, onde pode ocorrer a sinérese ou o processo de embebição (perda ou ganho de água), durante as primeiras 24 horas de sua presa, exigindo a aplicação de agentes protetores superficiais. A estética também se torna inferior, comparado a outros materiais, devido ao menor potencial de polimento superficial (GAO *et al.*, 2024, p. 61–63).

2.3.2 Resina Composta Dentária

As resinas compostas dentárias representam um dos principais avanços da odontologia restauradora moderna, sendo consideradas biomateriais híbridos formados por uma matriz orgânica de resina e partículas inorgânicas de carga. Desde a década de 1960, têm sido amplamente utilizadas na reabilitação estética e funcional de dentes danificados, devido à sua excelente integração óptica com o esmalte e a dentina, biocompatibilidade e versatilidade clínica (DIONYSOPOULOS; GERASIMIDOU, 2020, p. 2).

No contexto biomimético, essas resinas são projetadas para imitar as propriedades mecânicas e estruturais dos tecidos dentários, permitindo uma distribuição homogênea das tensões mastigatórias e reduzindo o risco de falhas marginais ou fraturas. A capacidade adesiva e a adaptação marginal proporcionam restaurações duráveis e conservadoras, que respeitam o princípio da preservação máxima da estrutura dental (MAGNE; BELSER, 2002, p. 19; REIS et al., 2024, p. 3).

Recentemente, surgiram formulações de resinas compostas bioativas e autorreparadoras, que buscam replicar a capacidade regenerativa dos tecidos biológicos. Inspiradas em sistemas naturais, essas resinas contêm microcápsulas ou agentes catalíticos capazes de liberar monômeros reparadores em resposta a microfissuras, promovendo autocicatrização parcial da matriz polimérica (REIS et al., 2024, p. 3). Essa propriedade confere maior longevidade às restaurações, reduzindo a necessidade de substituições e contribuindo para uma odontologia mais sustentável.

Além disso, novas arquiteturas estruturais têm sido desenvolvidas com base em modelos biomiméticos, como as resinas de dupla camada, que combinam uma base reforçada por fibras de vidro e uma camada superficial mais rígida. Essa configuração imita a relação entre dentina e esmalte, promovendo resistência à propagação de fissuras e comportamento mecânico semelhante ao dos dentes (NETO et al., 2024, p. 2538). Assim, as resinas compostas dentárias permitem que a estética, a função e a integridade estrutural sejam restauradas de forma integrada e duradoura.

2.3.3 Cerâmicas Dentárias

As cerâmicas dentárias, por sua vez, são dos materiais mais avançados no contexto da odontologia biomimética, principalmente por sua capacidade de replicar a aparência, a translucidez e o comportamento óptico dos dentes naturais, garantindo excelentes resultados estéticos, mas também funcionais (MAGNE; BELSER, 2002, p. 17–18). O avanço dessas restaurações foi impulsionado pelo desenvolvimento de tecnologias digitais, como o fluxo de trabalho CAD/CAM (*Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing*), que permite projetar digitalmente e fresar restaurações cerâmicas com alta precisão, otimizando o ajuste marginal, a adaptação interna e a personalização das peças protéticas (REIS et al., 2024, p. 3).

Além da estética, as cerâmicas biomiméticas têm sido aprimoradas quanto à biocompatibilidade e adesão, integrando-se de forma harmoniosa à estrutura dentária e aos tecidos circundantes. Em particular, implantes cerâmicos e revestimentos bioativos vêm sendo empregados para favorecer a osseointegração e a regeneração dos tecidos peri-implantares, ampliando as aplicações da biomimética na reabilitação oral (NETO et al., 2024, p. 2538).

Outro avanço relevante é o desenvolvimento de cerâmicas híbridas, que combinam as vantagens das cerâmicas convencionais e dos compósitos resinosos, resultando em materiais com módulo de elasticidade e resistência comparáveis ao esmalte e à dentina. Essa combinação permite restaurar a função e a estética com menor risco de fraturas e melhor distribuição de tensões durante a mastigação (DIONYSOPOULOS; GERASIMIDOU, 2020, p. 2). Portanto, as cerâmicas dentárias, em suas diferentes formulações, podem ser considerados como materiais restauradores biomiméticos de alta performance, que aliam precisão digital, estabilidade mecânica e integração biológica, refletindo o contínuo avanço da odontologia minimamente invasiva.

2.3.4 Fitas de polietileno reforçadas (RIBBOND)

Como já dito anteriormente a odontologia biomimética busca restaurar os dentes de maneira mais conservadora, reproduzindo características mecânicas e estruturais semelhantes às do elemento dental natural. Nesse contexto, a FFP Ribbond vem sendo utilizada como material de reforço em restaurações diretas, principalmente em dentes com estrutura comprometida, por apresentar propriedades biomecânicas próximas às da estrutura dentária (SOARES et al., 2023, p. 2; LESSA; ALMEIDA; MENDONÇA, 2025, p. 3).

Além disso, a biomimética na odontologia tem como princípio preservar ao máximo a estrutura dental sadia e utilizar materiais capazes de reproduzir o comportamento natural do dente. Dessa forma, a Ribbond atua como substituta da dentina, absorvendo tensões e reforçando restaurações extensas (SOARES et al., 2023, p. 4; LESSA; ALMEIDA; MENDONÇA, 2025, p. 3).

A Ribbond é descrita como uma fita de polietileno trançada que pode ser usada junto com a resina composta e moldada conforme a anatomia dental, favorecendo uma abordagem biomimética, maior adaptação ao remanescente dentário, estética, biocompatibilidade e melhor desempenho clínico em restaurações diretas. Além disso, sua utilização contribui para maior resistência mecânica e redução de fraturas em dentes estruturalmente comprometidos (SOARES et al., 2023, p. 2; LESSA; ALMEIDA; MENDONÇA, 2025, p. 3).

A estrutura trançada da FFP Ribbond permite uma distribuição mais uniforme das forças mastigatórias, contribuindo para redução de trincas, fraturas e deslocamentos das restaurações em resina composta. Dessa forma, a associação da fibra de polietileno às resinas compostas aumenta a resistência à fratura e a longevidade clínica das restaurações (SOARES et al., 2023, p. 2; LESSA; ALMEIDA; MENDONÇA, 2025, p. 4).

Os autores destacam que a Ribbond apresenta vantagens importantes, como biocompatibilidade, estética, fácil acomodação e preservação da estrutura dental, já que sua utilização dispensa desgaste adicional do dente remanescente. Além disso, a FFP Ribbond contribui para reforçar as tensões mastigatórias e aumentar a resistência à fratura em restaurações complexas com resina composta (LESSA; ALMEIDA; MENDONÇA, 2025, p. 5; SOARES et al., 2023, p. 10).

Apesar dos benefícios clínicos, o material apresenta algumas limitações, principalmente relacionadas ao alto custo e às possíveis falhas adesivas quando utilizado isoladamente em canais radiculares amplos (LESSA; ALMEIDA; MENDONÇA, 2025, p. 6).

Por fim, observa-se que a FFP Ribbond representa uma alternativa promissora dentro da odontologia biomimética, principalmente por sua capacidade de reforçar restaurações extensas, preservar a estrutura dental remanescente e proporcionar melhor distribuição das forças mastigatórias. Além disso, o material apresenta características como biocompatibilidade, resistência mecânica e estética favorável, contribuindo para maior longevidade clínica das restaurações em dentes estruturalmente comprometidos (SOARES et al., 2023, p. 10).



Figura 1 – Sequência clínica da aplicação da fita de polietileno Ribbond em restauração biomimética.

- A: dente com grande perda estrutural;
- B: inserção da fibra Ribbond na cavidade;
- C: restauração final em resina composta.

Fonte: RIBBOND. Applications Composite Restoration. Disponível em: <https://pt.ribbonbond.com/applications-composite-restoration.html>^[66]. Acesso em: 19 maio 2026

2.4 Técnicas utilizadas em restaurações biomiméticas

As técnicas biomiméticas diferem dos materiais por representarem o modo de aplicação clínica que permite que as propriedades dos materiais se expressem de forma eficaz. Enquanto os materiais fornecem os componentes estruturais e funcionais que tentam reproduzir o esmalte e a dentina, as técnicas determinam como esses materiais interagem com o tecido dental, garantindo adesão, selamento e distribuição equilibrada de tensões. Por isso, o êxito de uma restauração biomimética depende não apenas da seleção adequada do material, mas também da execução precisa dos protocolos clínicos, que visam preservar as estruturas do elemento dental e restabelecer seu comportamento biomecânico (MAGNE; BELSER, 2002, p. 17–18; DIONYSOPOULOS; GERASIMIDOU, 2020, p. 2).

Entre as principais técnicas empregadas em restaurações biomiméticas destacam-se a remoção seletiva de tecido cariado, a criação de zona de vedação periférica, a elevação de margem, o controle do fator de inserção e contração, a fotopolimerização e a vedação imediata da dentina, além do uso de adesivos e fibras reforçadoras. Essas abordagens têm em comum o objetivo de preservar a estrutura dental íntegra, otimizar a adesão entre os materiais restauradores e os tecidos dentários, e minimizar o estresse gerado durante os procedimentos restauradores (MAGNE; DOUGLAS, 1999, p. 1–3; MALTERUD, 2006, p. 409–411).

O complexo dentina–esmalte apresenta um equilíbrio biomecânico próprio, resultante da interação entre tecidos com propriedades elásticas distintas, que conferem ao dente resistência e capacidade de dissipar tensões mastigatórias. Dessa forma, as restaurações realizadas nessas regiões devem preservar o máximo de estrutura dental sadia e restabelecer a distribuição natural das tensões, de modo a recuperar o comportamento mecânico e a

aparência original do dente (MAGNE; BELSER, 2002, p. 17–21; DIONYSOPOULOS; GERASIMIDOU, 2020, p. 1–2).

A adesão pode ser definida como a interação física, química e mecânica que resulta na união entre duas substâncias por meio de um agente intermediário, o adesivo. Essa união cria uma interface duradoura entre o material restaurador e o dente, permitindo a distribuição homogênea das tensões, o vedamento marginal eficaz e a longevidade clínica das restaurações (ANUSAVICE, 2012, p. 157; DIONYSOPOULOS; GERASIMIDOU, 2020, p. 2–3). A qualidade dessa interface depende da capacidade do sistema restaurador de promover intertravamento mecânico e ligações químicas estáveis com o componente mineral do dente, fatores determinantes para o desempenho biomimético e durabilidade das restaurações (MAGNE; BELSER, 2002, p. 17–21).

Entre os materiais de reforço utilizados em restaurações biomiméticas, destacam-se as fibras de polietileno tratadas com plasma, reconhecidas por sua eficácia em restaurações diretas e indiretas com resina composta. Por apresentarem orientação multidirecional e pontos nodais, essas fibras dissipam as forças oclusais, reduzindo o estresse concentrado na interface adesiva e aumentando a resistência mecânica e a durabilidade das restaurações (GAROUSHI; LASSILA; VALLITTU, 2006, p. 14–16). Além disso, o reforço com fibras pode atuar como mecanismo compensatório, reduzindo o encolhimento de polimerização e melhorando o comportamento biomecânico das restaurações (GAROUSHI; LASSILA; VALLITTU, 2006, p. 15–16).

O uso clínico das fibras reforçadoras está em consonância com os princípios da odontologia biomimética, uma vez que possibilita tratamentos minimamente invasivos, que preservam o tecido dentário e reduzem o estresse nas interfaces adesivas. O posicionamento adequado das fibras e da resina composta dentro da cavidade favorece a absorção de tensões e a prevenção de fissuras, imitando o comportamento funcional do dente. Essa técnica proporciona reabilitações conservadoras e funcionais, sustentadas pela filosofia de restauração biológica e duradoura (SCRIBANTE *et al.*, 2018, p. 3–4; KHAN *et al.*, 2022, p. 5–7).

2.5 Limitações da biomimética

Embora a biomimética tenha revolucionado a odontologia restauradora ao propor uma abordagem mais conservadora e biologicamente integrada, sua implementação ainda enfrenta limitações importantes. Os mecanismos biológicos que inspiram a biomimética resultam de pressões evolutivas específicas e complexas, que nem sempre são passíveis de replicação em ambientes artificiais controlados. Por isso, a transposição de modelos naturais para os sistemas tecnológicos requer cautela e análise crítica das condições biológicas e ambientais envolvidas (ANDRADE, 2024, p. 112–113).

A curva de aprendizado da técnica, levando em consideração os protocolos adesivos existentes na literatura e sua durabilidade a longo prazo, promove uma interação de extrema atenção vinda do operador que busca mimetizar as estruturas dentárias, sendo necessário que haja um desempenho máximo para o conhecimento e aplicabilidade da técnica, pois mínimas falhas, compromete todo o trabalho (ABOZAID *et al.*, 2025, p. 2). Embora as abordagens biomiméticas tenham potencial para prolongar a vida útil das restaurações e melhorar os resultados estéticos e funcionais, sua execução clínica é altamente dependente da habilidade do operador e do controle rigoroso das variáveis técnicas, o que limita sua aplicabilidade em larga escala (NETO *et al.*, 2024, p. 2538).

Outros fatores que limitam a aplicabilidade da técnica, são associadas à durabilidade dos materiais restauradores biomiméticos, à adesão a longo prazo, à sensibilidade técnica dos protocolos clínicos e ao custo elevado dos materiais tecnologicamente avançados. Embora compósitos, cerâmicas e ionômeros de vidro modificados apresentem avanços notáveis, ainda persistem limitações quanto ao módulo de elasticidade, resistência à fratura e compatibilidade em regiões de alta carga oclusal (BARROS; FUENTES; MENEHELHI, 2024, p. 4).

Além das barreiras técnicas, há desafios relacionados à validação científica dos protocolos biomiméticos. Estudos recentes ressaltam que a popularização de técnicas restauradoras baseadas em princípios biomiméticos tem ocorrido, em muitos casos, com base em relatos clínicos isolados, sem o respaldo de ensaios clínicos controlados que confirmem sua superioridade frente à odontologia adesiva tradicional. Essa ausência de evidência robusta

pode perpetuar equívocos metodológicos e dificultar o avanço do conhecimento científico (REIS et al., 2024, p. 1–2).

A abordagem biomimética dispõe de desafios quando relacionamos ao módulo de elasticidade e a diminuição da dureza superficial, principalmente quando associamos aos cimentos de ionômero de vidro, contraindicando seu uso em áreas que recebem muita força da mastigação. (BARROS; FUENTES; MENEGHELI, 2024, p. 2).

É importante reconhecer que, apesar de representar um paradigma promissor, a odontologia biomimética ainda se encontra em fase de consolidação. A complexidade dos materiais, que não se resume apenas a compreender as características dos biomateriais que faz uso, e sim, compreender a biomecânica dental, além do alto custo de implementação e a necessidade de protocolos padronizados reforçam a importância de estudos experimentais e clínicos longitudinais que testem a efetividade dessas abordagens, em diferentes contextos restauradores (SONI; SONI; SONI, 2025, p. 2–3).

Baseado nesta premissa, com pesquisas voltadas a genética, biologia celular e molecular, e a ciência dos materiais, será alcançável realizar a regeneração da dentina, do esmalte dentário e das características pulpares, através de procedimentos restauradores com a regeneração biológica e a possibilidade de aplicar materiais inovadores biomiméticos, por meio de estudos afim de reduzir suas limitações na odontologia restauradora (ZAFAR *et al.*, 2020, p. 10).

2.6 Perspectivas futuras da odontologia biomimética

Quando as técnicas adesivas ainda não eram suficientemente avançadas, pequenas perdas de estrutura dental eram restauradas de forma bastante invasiva, uma vez que a retenção dependia da remoção de porções saudáveis do dente, comprometendo sua integridade natural (MAGNE; BELSER, 2002, p. 15-17). Com o avanço da odontologia biomimética, as restaurações passaram a imitar o comportamento funcional do dente, minimizando o estresse mecânico e preservando a vitalidade pulpar. Essa abordagem reduziu a sensibilidade pós-ope-

ratória e manteve a hidratação dentinária, fatores fundamentais para a longevidade clínica das restaurações (MALTERUD, 2006, p. 78-79; REIS *et al.*, 2024, p. 2).

A endodontia regenerativa representa uma das vertentes mais promissoras dessa evolução, pois busca substituir tecidos danificados por estruturas de dentina e polpa viáveis, restabelecendo função e estética. Contudo, técnicas endodônticas tradicionais ainda exigem maior desgaste e a inserção de materiais rígidos, o que limita o potencial de integração e a durabilidade das restaurações (SONI; SONI; SONI, 2025, p. 3-4). Assim, o desafio contemporâneo consiste em desenvolver materiais bioinspirados capazes de estabelecer ligações mais naturais e duradouras com o tecido dental.

Nesse cenário, as pesquisas apontam para o avanço dos materiais inteligentes (*smart biomaterials*, em inglês), que respondem dinamicamente a estímulos do ambiente bucal, como pH, umidade ou variações térmicas, e apresentam propriedades bioativas, antibacterianas e regenerativas (VASLUIANU *et al.*, 2025, p. 1-10). Dentre eles, ainda segundo os autores, destacam-se os vidros e vitrocerâmicas bioativos dopados com íons terapêuticos (Ca^{2+} , Zn^{2+} , Ag^+ , Sr^{2+} , Cu^{2+}), que estimulam a regeneração óssea e reduzem a formação de biofilmes bacterianos, além dos polímeros híbridos com nanopartículas de prata e quitosana, capazes de liberar íons antimicrobianos de forma controlada, equilibrando biocompatibilidade e ação antimicrobiana.

Outro avanço promissor está nos revestimentos pH-responsivos de quitosana, que liberam agentes terapêuticos apenas em ambientes ácidos, funcionando como sistemas inteligentes de liberação de fármacos e regeneração tecidual. Esses materiais representam a transição de uma odontologia restauradora passiva, que é voltada apenas à substituição da estrutura perdida, para uma odontologia ativa e responsiva, que possui potencial de gerar interação biológica e autorreparação (RIZWAN *et al.*, 2017, p. 225).

Paralelamente, os materiais bioativos vêm sendo otimizados para ir além da restauração estrutural, promovendo remineralização, regeneração e adesão adaptativa ao tecido dental (ABOZAID *et al.*, 2025, p. 4-5). Além disso, a integração de inteligência artificial e impressão 3D/4D promete produzir restaurações totalmente personalizadas, ajustadas ao perfil biomecânico de cada paciente, reduzindo falhas e acelerando o processo de reabilitação oral (LI-

ANG, 2024, p. 2-3). Embora essas tecnologias possam parecer, segundo o autor, à primeira vista, distantes ou até mesmo concepções de ficção científica, o ritmo acelerado da inovação em biomateriais e engenharia digital indica que tais possibilidades estão mais próximas da realidade clínica do que se poderia imaginar há poucos anos.

A biomimética, na Odontologia, tem ganhado destaque e um vasto campo de pesquisas, concentrando em algoritmos que promovem a geração de dados para o sistema biológico, projetando novos experimentos *in vivo* e permitindo que as células atinjam com positividade as suas funções esperadas. Síntese de membranas biomiméticas artificiais, peptídeos que se assemelham a fatores de crescimento, são aspectos que são fontes de estudos promissores para a área em questão (CIULLA, et al., 2023, p. 3).

Por fim, o princípio do “menos é mais” sintetiza a visão futura da odontologia biomimética: quanto menos desgaste o dente sofrer, mais sua estrutura natural, função e longevidade clínica será mantida (MALTERUD, 2006, p. 76-77; NETO et al., 2024, p. 2538). Assim, a odontologia biomimética caminha para um futuro no qual ciência, tecnologia e biologia convergem para oferecer restaurações verdadeiramente integradas à natureza do dente, sendo funcionais, duradouras e sustentáveis.

3. METODOLOGIA

3.1 Tipo de Pesquisa

O tipo de pesquisa a ser utilizada será revisão de literatura do tipo narrativa, com abordagem qualitativa, onde o formato narrativo é amplamente utilizado em trabalhos científicos para descrever o estado da arte de um tema, permitindo uma ampla discussão teórica e contextual, sem exigir protocolos formais de busca e análise (GREEN; JOHNSON; ADAMS, 2006; GRANT; BOOTH, 2009). Para a realização dessa pesquisa, serão utilizados artigos ci-

entíficos encontrados em bases de dados eletrônicos publicados entre os anos de 1997 e 2025, a fim de reunir e discutir evidências recentes sobre o tema proposto. Para isso, espera-se analisar aproximadamente 33 produções científicas, priorizando artigos originais e revisões de relevância clínica, selecionados com base em sua pertinência ao tema, atualidade e qualidade metodológica.

3.2 Unidades de Análise e Procedimento

Os critérios de inclusão se limitarão aos artigos originais disponíveis na íntegra e com acesso gratuito online nos idiomas português ou inglês, que tratem diretamente do tema central da pesquisa. Já os critérios de exclusão compreenderão artigos duplicados entre bases de dados, trabalhos de opinião, resumos de congressos, teses ou dissertações e estudos que não apresentem relação direta com o tema proposto.

3.3 Técnicas de Coleta e Análise de dados

Os dados serão coletados da pesquisa em bancos de dados digitais como PubMed, MEDLINE, Scielo, LILACS e Biblioteca Virtual em Saúde, utilizando os seguintes descritores: Odontologia Biomimética, Materiais Restauradores, Biomimetismo, Materiais Dentários, Adesão Dental, Odontologia Restauradora e Biocompatibilidade, nos idiomas inglês e português. Também serão utilizados operadores booleanos E/OU (AND/OR) para estabelecer a relação entre os termos.

Os dados encontrados serão analisados de forma qualitativa e descritiva., buscando identificar padrões, avanços científicos e perspectivas na literatura sobre o tema. A abordagem da pesquisa qualitativa possibilita explorar a complexidade e a riqueza de conhecimentos durante a investigação científica, contribuindo teoricamente e de forma prática, estimulando a

reflexão e o olhar crítico para o desenvolvimento do estudo (GUERRA *et al.*, 2024, p. 3). Após a análise atenta dos artigos e de sua relevância para o tema proposto no presente projeto, os artigos serão selecionados criteriosamente para uma posterior investigação mais profunda.

Os resultados obtidos serão sistematizados de forma descritiva e interpretativa, organizados em torno de núcleos temáticos correspondentes aos objetivos da pesquisa. Inicialmente, será apresentada uma síntese dos princípios e fundamentos teóricos da odontologia biomimética, abordando sua origem, evolução e relação com os paradigmas da dentística restauradora contemporânea.

Em seguida, serão discutidos os principais materiais e técnicas empregados nas restaurações biomiméticas, com ênfase nas propriedades físico-químicas e adesivas que buscam reproduzir o comportamento dos tecidos dentários naturais. Por fim, será realizada uma análise crítica sobre os benefícios e limitações relatados na literatura, considerando o desempenho clínico, a integração biomecânica, a estética e os desafios tecnológicos e econômicos para a consolidação dessa abordagem restauradora.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A odontologia biomimética tem sido uma abordagem inovadora da dentística restauradora, ela é baseada na reprodução das propriedades biológicas, mecânicas e estéticas dos tecidos dentários naturais. Esse conceito surgiu a partir dos estudos de Magne e Douglas e busca que o dente natural sirva de modelo para as restaurações permitindo melhor união entre material restaurador e tecidos dentários.

Nesse contexto, é observado que as técnicas restauradoras tradicionais apresentam limitações quanto a longevidade e a resistência mesmo sendo muito usadas. Segundo Anusavice, umas das maiores falhas em restaurações convencionais estão associadas a fratura, desgaste e infiltração, que pode levar a necessidade de troca da restauração futuramente. Esses fatores reforçam a necessidade de opções que priorizam a reposição estrutural e a funcionalidade dessa restauração para o elemento dental.

Em contrapartida, a odontologia biomimética propõe uma filosofia minimamente invasiva, baseada na preservação máxima da estrutura dental e no uso de sistemas adesivos capazes de permitir integração biomecânica entre dente e material restaurador. De acordo com Dionysopoulos e Gersaimidou a abordagem biomimética esta diretamente ligada a odontologia adesiva, permitindo a formação de estruturas híbridas que conciliam resistência, estética e preservação da estrutura dental natural. Além disso, Souza, Silva e Ribeiro destacam que os materiais biomiméticos são capazes de produzir propriedades físicas e ópticas dos tecidos naturais do dente, trazendo um resultado mais satisfatório para a restauração.

Para confirmar esses achados, estudos presentes na literatura indicam avanços significativos no desenvolvimento de materiais bioativos e inteligentes, que são capazes de promover restauração estrutural e processos de remineralização e regeneração tecidual. Nesse sentido, Singer, Fouda e Bourauel ressaltam o potencial que esses materiais tem para melhorar o desempenho clínico das restaurações, enquanto Vasluianu et. Al. mostram o papel dos biomateriais inovadores na evolução da odontologia restauradora.

Entretanto, apesar dos avanços, a literatura nos mostra limitações relevantes quanto a aplicação clínica da odontologia biomimética. Essa abordagem depende diretamente da execução dos protocolos clínicos feitos corretamente. Além disso, Basheer, Mahalaxmi ressaltam que fatores como custo elevado, maior tempo clínico e necessidade de capacitação profissional ainda apresentam barreiras para colocar a odontologia biomimética como procedimento principal de escolha.

Outro ponto importante é a escassez de estudos clínicos de longo prazo que comprovem a superioridade da odontologia biomimética em relação as técnicas tradicionais.

Mesmo com os resultados iniciais sendo positivos, Reis et al. Destacam a necessidade de evidências científicas mais firmes para confirmar essa abordagem como padrão ouro na prática clínica.

Dessa forma, observa-se que a odontologia biomimética nos mostra benefícios significativos em termos de preservação da estrutura dental, resistência mecânica e estética, sendo então uma alternativa promissora as abordagens restauradoras tradicionais. No entanto suas limitações, principalmente aquelas associadas a técnica, custo e necessidade de maior embasamento científico, ainda se mostram como desafios para a consolidação definitiva na prática odontológica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nessa revisão de literatura, foi possível concluir que a odontologia biomimética representa uma evolução importante dentro da odontologia restauradora, porque busca restaurar os dentes de forma mais conservadora e mais próxima das características naturais do elemento dental. Diferente das técnicas tradicionais, essa abordagem não tem como foco apenas substituir a estrutura perdida, mas também devolver função, resistência, estética e preservar ao máximo a estrutura dental saudável.

Ao longo deste trabalho, observou-se que os materiais biomiméticos e os sistemas adesivos modernos mostram vantagens significativas, pois permitem melhor junção entre o material restaurador e os tecidos dentários. Além disso, materiais como resinas compostas bioativas, cerâmicas modernas, ionômeros de vidro modificados e fibras reforçadoras demonstraram grande potencial para aumentar a resistência das restaurações, melhorar a distribuição das forças mastigatórias e reduzir falhas, infiltrações e fraturas.

Outro ponto importante identificado neste estudo foi que a odontologia biomimética está diretamente relacionada à odontologia minimamente invasiva, já que busca preservar o máximo possível da estrutura dentária remanescente. Assim, além de melhorar a estética e a função do dente, essa abordagem também contribui para maior longevidade clínica das restaurações e menor necessidade de retratamentos ao longo do tempo.

Entretanto, apesar dos benefícios apresentados na literatura, ainda existem limitações importantes que impedem de adquirir de forma definitiva essa abordagem na prática clínica. Entre elas, destacam-se o alto custo dos materiais, a maior sensibilidade técnica dos procedimentos, o maior tempo clínico e a necessidade de capacitação profissional para execução correta das técnicas biomiméticas. Além disso, muitos estudos ainda apresentam resultados de curto prazo, mostrando a necessidade de mais pesquisas clínicas que comprovem sua superioridade em longo prazo em relação às técnicas restauradoras convencionais.

Portanto, conclui-se que a odontologia biomimética apresenta bons resultados e possui grande potencial para se tornar uma das principais abordagens da odontologia restauradora moderna. Seus princípios estão diretamente ligados à preservação da estrutura dental, à estética e à longevidade das restaurações, mostrando uma mudança importante na forma de entender e realizar os tratamentos restauradores. Para que essa filosofia seja cada vez mais aplicada na rotina clínica, ainda são necessários avanços científicos, maior acessibilidade dos materiais e fortalecimento das evidências clínicas disponíveis.

REFERÊNCIAS

- ABDELLAH, H. F.; ELSHEHAWY, R. M.; IBRAHIM, A. M. ***Evaluation of the antibacterial and remineralizing potential of modified glass ionomer cements.*** *Alexandria Dental Journal*, v. 44, n. 2, p. 399–406, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40679028/>. Acesso em: 10 de fev de 2026.
- ABOZAID, M. *et al.* ***Bioactive restorative materials in dentistry: a comprehensive review of mechanisms, clinical applications, and future directions.*** *Odontology*, v. 113, n. 2, p. 1–8, 2025. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10266-025-01162-w>. Acesso em: 10 de fev de 2026.
- ANDRADE, R. F. ***Ciência e natureza: fundamentos e desafios da biomimética.*** São Paulo: Atheneu, 2024. p. 112–113.
- ANUSAVICE, K. J. ***Standardizing failure, success, and survival decisions in clinical studies of ceramic and metal-ceramic fixed dental prostheses.*** *Dental Materials*, v. 28, n. 1, p. 102–111, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22192254/>. Acesso em: 12 de mar de 2026.
- BAR-COHEN, Y. ***Biomimetics: mimicking and inspired-by biology.*** Pasadena: Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/24389180_Biomimetics_Mimicking_and_inspired-by_biology. Acesso em: 10 de mar de 2026.
- BARROS, C. R.; FUENTES, V.; MENEGHELI, G. P. ***Odontologia biomimética: uma revisão sobre novos paradigmas para restaurações dentárias.*** *Brazilian Journal of Dentistry and Biomaterials*, v. 31, n. 1, p. 1–6, 2024. Disponível em: https://pmc-ncbi-nlm-nih-gov.translate.goog/articles/PMC9936671/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=tc. Acesso em: 10 de mar de 2026.
- BASHEER, N.; MADHUBALA, M. M.; MAHALAXMI, S. ***Future perspectives of biomimetics in restorative dentistry.*** *Journal of Pharmaceutical Research*, v. 32, n. 25, 2020. Disponível em: <https://journaljpri.com/index.php/JPRI/article/view/1719>. Acesso em: 09 de mar de 2026.

BEN-NISSAN, B. *Biomimetic biomaterials: structure and applications*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2019. p. 1–3. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/297862996_Biomimetic_Biomaterials_Structure_and_Applications. Acesso em: 09 de mar de 2026.

BENYUS, J. M. ***Biomimicry: innovation inspired by nature***. New York: Harper Perennial, 1997. p. 2–3. Disponível em: https://elmoukrie.com/wp-content/uploads/2021/11/janine-m-benyus-biomimicry_innovation-inspired-by-nature-harper-perennial-2002-2.pdf. Acesso em: 20 de fev de 2026.

CIULLA, M. G. et al. **Recent advances in the development of biomimetic materials**. Gels, v. 9, n. 883, p. 1-31, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2310-2861/9/10/833>. Acesso em: 20 de mar de 2026.

DIONYSOPOULOS, D.; GERASIMIDOU, O. ***Biomimetic dentistry: basic principles and protocols***. *ARC Journal of Dental Science*, v. 5, n. 3, p. 1–3, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/346965700_Biomimetic_Dentistry_Basic_Principles_and_Protocols. Acesso em: 05 de mar de 2026.

FERRACANE, J. L. ***Resin composite - - State of the art***. *Dental Materials*, v. 27, n. 1, p. 29–38, 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21093034/>. Acesso em: 10 de mar de 2026.

GAO, Y. et al. ***Rapid intrafibrillar mineralization of collagen fibrils for improved bonding durability of dentin adhesives***. *Journal of Dental Research*, v. 103, n. 1, p. 42–50, 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37990799/>. Acesso em: 15 de mar de 2026.

GAROUSHI, S. K.; LASSILA, L. V. J.; VALLITTU, P. K. ***Short fiber reinforced composite: the effect of fiber length and volume fraction***. *Journal of Contemporary Dental Practice*, v. 7, n. 5, p. 10–17, 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17091135/>. Acesso em: 05 de mar de 2026.

GRANT, M. J.; BOOTH, A. ***A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies***. *Health Information & Libraries Journal*, v. 26, n. 2, p. 91–108, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/26260835_A_typology_of_reviews_An_analysis_of_14_review_types_and_associated_methologies. Acesso em: 15 de mar de 2026.

GREEN, B. N.; JOHNSON, C. D.; ADAMS, A. ***Writing narrative literature reviews for peer-reviewed journals: secrets of the trade***. *Journal of Chiropractic Medicine*, v. 5, n. 3, p. 101–117, 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19674681/>. Acesso em: 09 de mar de 2026.

GUERRA, A. L. R. et al. **Pesquisa qualitativa e seus fundamentos na investigação científica**. *Revista de Gestão e Secretariado – GeSec*, v. 15, n. 7, p. 01-15, 2024. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/4019/2531>. Acesso em: 20 de mar de 2026.

KHAN, A. A. et al. ***Fiber-reinforced composites in dentistry: an insight into adhesion aspects of the material and the restored tooth construct***. *Dental Materials*, v. 39, n. 2, p. 1–8, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36604257/>. Acesso em: 05 de mar de 2026.

KUMAR, N. S. et al. ***Recent advances in biomimetic materials and their applications***. *Applied Physics A: Materials Science & Processing*, v. 126, n. 12, p. 1–8, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2310-2861/9/10/833>. Acesso em: 05 de mar de 2026.

LESSA, I. A. A.; ALMEIDA, Y. O.; MENDONÇA, I. C. G. **Uso do Ribbond em restaurações de dentes estruturalmente comprometidos: revisão de literatura**. *Brazilian Journal of Health Review*, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 1–9, 2025. DOI: <https://doi.org/10.34119/bjhrv8n2-172>. Acesso em: 20 de mar de 2026.

LIANG, Z. ***Pioneering the future of dentistry: AI-driven 3D bioprinting***. *Journal of Oral Biosciences*, v. 72, n. 1, p. 2–3, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2950348524000051>. Acesso em: 09 de mar de 2026.

MAGNE, P.; BELSER, U. ***Bonded porcelain restorations in the anterior dentition: a biomimetic approach***. 1. ed. Chicago: Quintessence Publishing Co., 2002. 406 p. Disponível em: https://www.quintessence-publishing.com/downloads/preview_14571_magne_bonded_porcelain_restorations_in_the_anterior_dentition.pdf. Acesso em: 05 de mar de 2026.

MAGNE, P.; DOUGLAS, W. H. **Rationalization of esthetic restorative dentistry based on biomimetics**. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, v. 11, n. 1, p. 5–15, 1999. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10337285/>. Acesso em: 10 de mar de 2026.

MALTERUD, M. I. **Minimally invasive restorative dentistry: a biomimetic approach**. *Practical Procedures & Aesthetic Dentistry*, v. 18, n. 7, p. 409–414, 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17001829/>. Acesso em: 02 de mar de 2026.

NETO, A. G. P. *et al.* **Revolução do cuidado dental na odontologia: tratamentos minimamente invasivos e materiais biomiméticos**. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, v. 6, n. 3, p. 2537–2539, 2024. Disponível em: <https://bjih.emnuvens.com.br/bjih/article/view/3539>. Acesso em: 04 de mar de 2026.

REIS, A. *et al.* **Biomimetic restorative dentistry: an evidence-based discussion of common myths**. *Journal of Applied Oral Science*, v. 32, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jaos/a/WxFFccWpLbGkjzrhxDjyHDL/?format=html&lang=en>. Acesso em: 04 de mar de 2026.

RIZWAN, M. *et al.* **pH sensitive hydrogels in drug delivery: brief history, properties, swelling, and release mechanism, material selection and applications**. *Polymers (Basel)*, v. 9, n. 4, p. 225, 2017. Disponível em: https://pmc-ncbi-nlm-nihgov.translate.goog/articles/PM C6432076/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=tc. Acesso em: 10 de mar de 2026.

SAURO, S.; CARVALHO, R. M.; FERRACANE, J. L. **The rise of advanced bioactive restorative materials: are they redefining operative dentistry?** *Dental Materials*, v. 41, n. 1, p. 1–12, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0109564125007316>. Acesso em: 21 de fev de 2026.

SOARES, L. V. A.; LINS, R. G. B.; SIMÃO, L. C.; PINHO, L. C. F. **Vantagens do uso da FFP Ribbond nas restaurações diretas em dentes estruturalmente comprometidos: uma abordagem biomimética**. *Revista Cathedral, Boa Vista*, v. 5, n. 4, p. 129–141, 2023. Disponível em: <https://cathedral-ojs.galoa.net.br/index.php/cathedral/article/view/750>. Acesso em: 20 de mar de 2026.

SCRIBANTE, A. *et al.* **Travel beyond clinical uses of fiber reinforced composites (FRCs) in dentistry: a review of past employments, present applications, and future perspectives**. *BioMed Research International*, v. 2018, p. 1–8, 2018. DOI: 10.1155/2018/1498901. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30426003/>. Acesso em: 23 de fev de 2026.

SHAH, D. N. **The biomimetic restorative approach**. *Dental Update*, v. 48, n. 1, p. 44–52, jan. 2021. DOI: 10.12968/denu.2021.48.1.44. Disponível em: <https://www.magonlinelibrary.com/doi/abs/10.12968/denu.2021.48.1.13>. Acesso em: 22 de fev de 2026.

SINGER, L.; FOUDA, S. M.; BOURAUUEL, C. **Bioactive restorative materials: current state of knowledge and future directions**. *Biomaterials Advances*, v. 149, p. 213548, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10266-025-01162-w>. Acesso em: 04 de mar de 2026.

SONI, M.; SONI, P.; SONI, S. **Biomimetic approaches in prosthodontics: toward natural tooth restoration and regeneration**. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, v. 17, n. 1, p. 2–3, 2025. Disponível em: https://journals.lww.com/jpbs/fulltext/2025/06002/biomimetic_approaches_in_prosthodontics__toward.4.aspx?context=latestarticles. Acesso em: 20 de fev de 2026.

SOUSA, T. M.; SILVA, L. F.; RIBEIRO, R. C. **Odontologia biomimética: princípios, materiais e perspectivas clínicas**. *Revista da FAPAC/ITPAC*, Araguaína, v. 14, n. 1, p. 1–8, 2021.

VAN MEERBEEK, B. *et al.* **Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges**. *Operative Dentistry*, v. 28, n. 3, p. 215–235, 2003. Disponível em: <https://www.yumpu.com/en/document/view/8641819/adhesion-to-enamel-and-dentin-current-status-and-future->. Acesso em: 04 de mar de 2026.

VASLUIANU, R. I. *et al.* **Innovative smart materials in restorative dentistry**. *Journal of Functional Biomaterials*, v. 16, n. 9, p. 318, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-4983/16/9/318>. Acesso em: 05 de mar de 2026.

VINCENT, J. F. V. *et al.* **Biomimetics: its practice and theory**. *Journal of the Royal Society Interface*, v. 3, n. 9, p. 471–482, 2006. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/rsif/article-abstract/3/9/471/65192/Biomimetics-its-practice-and-theory?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 09 de mar de 2026.

ZAFAR, M. S. *et al.* **Biomimetic aspects of restorative dentistry biomaterials**. *Biomimetics*, v. 5, n. 3, p. 34, 2020. Disponível em: https://pmc-ncbi-nlm-nih-gov.translate.goog/articles/PMC7557867/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=tc. Acesso em: 10 de fev de 2026.