

Enxertos ósseos autógenos à base de matriz dentinária: Eficácia e aplicações clínicas

Autogenous bone grafts based on dentin matrix: Efficacy and clinical applications

Injertos óseos autólogos basados en matriz de dentina: Eficácia y aplicaciones clínicas

Recebido: 12/04/2026 | Aceito: 30/04/2026 | Publicado: 01/05/2026

Wendel Carlos da Fonseca Profeta

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3069-625X>

Centro Universitário de Viçosa, Brasil

E-mail: wendelprofeta13@gmail.com

Gabriel Luiz e Silva de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4594-1671>

Centro Universitário de Viçosa, Brasil

E-mail: gabriellssouza1106@gmail.com

Bruna Mota Gonçalves Pinto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3079-2227>

Centro Universitário de Viçosa, Brasil

E-mail: brunamotagp@hotmail.com

Renata Maria Colodette

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2976-881X>

Centro Universitário de Viçosa, Brasil

E-mail: renatacolodette@univicosacom.br

Resumo

A regeneração óssea é um dos principais desafios da reabilitação oral contemporânea, sendo o enxerto autógeno o padrão-ouro, apesar de limitações como morbidade no sítio doador. Nesse contexto, a matriz dentinária autógena (MDA) tem emergido como um biomaterial promissor devido à sua semelhança química e estrutural com o tecido ósseo. O presente trabalho teve como objetivo investigar, por meio de revisão integrativa da literatura, as possibilidades e limitações do uso de enxertos ósseos autógenos à base de matriz dentinária na odontologia. A metodologia envolveu buscas sistemáticas nas bases PubMed, Cochrane e BVS (2020-2025), resultando na análise de 17 artigos selecionados. Os resultados evidenciam que a dentina possui composição química e estrutural similar ao tecido ósseo, sendo composta por hidroxiapatita, colágeno tipo I e fatores de crescimento, como as proteínas morfogenéticas ósseas (BMPs). Tais características conferem ao material propriedades osteocondutoras e osteoindutoras. O preparo clínico do material exige limpeza, trituração em partículas e desmineralização parcial, processo que pode ser automatizado por sistemas como o Tooth Transformer®. Clinicamente, a MDA demonstra eficácia em preservações alveolares, levantamentos de seio e regeneração óssea guiada, apresentando estabilidade volumétrica e qualidade de neoformação óssea comparável ou superior aos biomateriais xenógenos. Conclui-se que a matriz dentinária é uma alternativa viável, segura e bioativa, que minimiza a morbidade cirúrgica ao dispensar sítios doadores adicionais. As limitações residem na disponibilidade restrita a pacientes com dentes indicados para extração e na atual ausência de uma padronização universal para os protocolos de processamento e desmineralização.

Palavras-chave: Regeneração óssea; Dentina; Fatores de crescimento.

Abstract

Bone regeneration is one of the main challenges in contemporary oral rehabilitation, with autogenous grafting being the gold standard, despite limitations such as donor site morbidity. In this context, autogenous dentin matrix (ADM) has emerged as a promising biomaterial due to its chemical and structural similarity to bone tissue. This study aimed to investigate, through an integrative literature review, the possibilities and limitations of using autogenous bone grafts based on the dentin matrix in dentistry. The methodology involved systematic searches in the PubMed, Cochrane, and BVS databases (2020-2025), resulting in the analysis of 17 selected articles. The results show that dentin has a chemical and structural composition similar to bone tissue, being composed of hydroxyapatite, type I collagen, and growth factors such as bone morphogenetic proteins (BMPs). These characteristics give the material osteoconductive and osteoinductive properties. The clinical preparation of the material requires cleaning, grinding into particles, and partial demineralization, a process that can be automated by systems such as the Tooth Transformer®. Clinically, MDA demonstrates efficacy in alveolar preservation, sinus lifts, and guided bone regeneration, exhibiting volumetric stability and bone neoformation quality comparable to or superior to xenogeneic biomaterials. It is concluded that the dentin matrix is a viable, safe, and bioactive alternative that minimizes surgical morbidity by eliminating the need for additional

donor sites. Limitations lie in its restricted availability to patients with teeth indicated for extraction and the current lack of universal standardization for processing and demineralization protocols.

Keywords: Bone regeneration; Dentin; Growth factors.

Resumen

La regeneración ósea es uno de los principales retos en la rehabilitación oral contemporánea, siendo el injerto autólogo el estándar de oro, a pesar de limitaciones como la morbilidad del sitio donante. En este contexto, la matriz de dentina autóloga (ADM) ha surgido como un biomaterial prometedor debido a su similitud química y estructural con el tejido óseo. Este estudio tuvo como objetivo investigar, a través de una revisión bibliográfica integradora, las posibilidades y limitaciones del uso de injertos óseos autólogos basados en matriz de dentina en odontología. La metodología implicó búsquedas sistemáticas en las bases de datos PubMed, Cochrane y BVS (2020-2025), lo que resultó en el análisis de 17 artículos seleccionados. Los resultados muestran que la dentina tiene una composición química y estructural similar a la del tejido óseo, estando compuesta por hidroxiapatita, colágeno tipo I y factores de crecimiento como las proteínas morfogenéticas óseas (BMP). Estas características le confieren al material propiedades osteoconductoras y osteoinductoras. La preparación clínica del material requiere limpieza, trituración y desmineralización parcial, un proceso que puede automatizarse mediante sistemas como el Tooth Transformer®. Clínicamente, la matriz de dentina demuestra eficacia en la preservación alveolar, la elevación de seno maxilar y la regeneración ósea guiada, exhibiendo estabilidad volumétrica y calidad de neoformación ósea comparable o superior a la de los biomateriales xenogénicos. Se concluye que la matriz de dentina es una alternativa viable, segura y bioactiva que minimiza la morbilidad quirúrgica al eliminar la necesidad de sitios donantes adicionales. Las limitaciones radican en su disponibilidad restringida a pacientes con dientes indicados para extracción y la actual falta de estandarización universal para los protocolos de procesamiento y desmineralización.

Palabras clave: Regeneración ósea; Dentina; Factores de crecimiento.

1. Introdução

A regeneração óssea constitui um dos principais desafios na reabilitação oral contemporânea, especialmente em situações de reabsorção do rebordo alveolar, atrofia maxilares ou na preparação de sítios para instalação de implantes dentários. A perda de volume ósseo pode comprometer não apenas a estética, mas também a função mastigatória e a previsibilidade dos tratamentos reabilitadores com implantes. Segundo Mahardawi et al. (2023a), a deficiência óssea pode dificultar significativamente a reabilitação oral com implantes dentários, tornando necessária a utilização de técnicas capazes de restabelecer adequadamente a estrutura óssea. Nesse contexto, a busca por biomateriais que favoreçam os processos de regeneração óssea tem sido constante na odontologia, sobretudo aqueles que apresentem propriedades de osteocondução, osteoindução e osteogênese, associadas à elevada biocompatibilidade, adequada taxa de reabsorção e mínima morbidade cirúrgica. Essas características são fundamentais para o sucesso dos procedimentos regenerativos (Pang et al., 2017).

O enxerto ósseo autógeno, obtido do próprio paciente em regiões como ramo mandibular, crista ilíaca ou tuberosidade maxilar, ainda é considerado o padrão-ouro em muitos procedimentos regenerativos. Essa preferência está relacionada à presença de células osteogênicas viáveis, fatores de crescimento naturais e à compatibilidade imunológica, características que favorecem o processo de neoformação óssea. No entanto, esse método apresenta limitações importantes. Segundo Hussain et al. (2023), a necessidade de um segundo sítio cirúrgico pode aumentar o tempo operatório, gerar dor pós-operatória e elevar o risco de complicações no local doador, além de limitar a quantidade de material disponível.

Diante dessas limitações, diversas alternativas têm sido investigadas com o objetivo de reduzir a morbidade cirúrgica e ampliar as possibilidades terapêuticas. Nesse cenário, a dentina proveniente de dentes extraídos tem emergido como um biomaterial promissor para uso em enxertos ósseos autógenos. Conforme Sánchez-Labrador et al. (2020), a composição da dentina apresenta grande semelhança com a do tecido ósseo, sendo formada por uma matriz mineral composta principalmente por hidroxiapatita e fosfato de cálcio associada a uma matriz orgânica rica em colágeno tipo I, proteínas não colágenas e diversos fatores de crescimento. De acordo com Pang et al. (2017), essas características conferem à matriz dentinária propriedades osteoconductoras e potencial osteoindutor, favorecendo os mecanismos biológicos envolvidos na regeneração óssea.

Além disso, por se tratar de um material autógeno, a utilização da dentina reduz significativamente os riscos de rejeição

imunológica, transmissão de doenças e questões éticas frequentemente associadas ao uso de enxertos alogênicos ou xenogênicos. A dentina processada em forma mineralizada, parcialmente desmineralizada ou totalmente desmineralizada, tem sido investigada por diversos estudos em diferentes técnicas. Segundo Redko et al. (2024), Sultan et al. (2025) e Singh, Gupta e Sarkar (2023), esse material tem sido empregado em procedimentos como preservação alveolar, regeneração óssea guiada (GBR) e elevação do seio maxilar.

Estudos clínicos recentes demonstram resultados promissores com o uso desse biomaterial. Segundo Santos et al. (2021), enxertos à base de dentina autógena podem favorecer a neoformação óssea e a manutenção do volume alveolar. De forma semelhante, Mahardawi et al. (2023b) observaram bons resultados relacionados à estabilidade primária de implantes instalados em áreas enxertadas com esse material. Além disso, Meném, Santos e Mascarenhas (2024), relataram que a utilização da matriz dentinária associada à concentrados plaquetários, como a fibrina rica em plaquetas (PRF), pode potencializar os processos regenerativos.

Apesar dos avanços observados, ainda existem lacunas importantes na literatura científica. Segundo Hussain et al. (2023), há falta de padronização nos protocolos de preparo da matriz dentinária, especialmente em relação ao grau de desmineralização, ao tamanho das partículas e aos métodos de descontaminação e esterilização. Além disso, ainda são limitados os ensaios clínicos randomizados com acompanhamento de longo prazo e comparações diretas com outros biomateriais amplamente utilizados na prática odontológica.

Diante desse cenário, torna-se relevante a realização de estudos que analisem de forma crítica o potencial da dentina como material de enxerto ósseo. Assim, o presente trabalho teve como objetivo investigar, por meio de revisão integrativa da literatura, as possibilidades e limitações do uso de enxertos ósseos autógenos à base de matriz dentinária na odontologia.

2. Metodologia

O presente trabalho caracterizou-se como uma revisão integrativa da literatura (Snyder, 2019; Crossetti, 2012), num estudo de abordagem quantitativa em relação à quantidade de 17 (Dezessete) artigos selecionados para compor o corpus da pesquisa e, de abordagem qualitativa em relação às discussões realizadas com embasamento no estudo de Pereira et al. (2018) e de Risemberg et al., 2023, a qual foi norteadada pela seguinte pergunta de pesquisa: “Quais são as evidências científicas sobre a eficácia e a aplicação dos enxertos ósseos autógenos à base de matriz dentinária nos procedimentos de enxertia odontológica, em comparação com outros tipos de enxertos?”

Para responder à questão proposta, foram realizadas buscas nas bases de dados PubMed Central, Cochrane e BVS (Biblioteca Virtual em Saúde), selecionadas por reunirem um grande número de publicações científicas relevantes na área da saúde e da odontologia. A estratégia de busca foi realizada utilizando descritores em língua inglesa disponíveis no sistema DeCS (Descritores em Ciências da Saúde), sendo eles: "Bone Regeneration", "Dentin" e "Growth Factors". Esses termos foram combinados entre si por meio do operador booleano “AND”, com o objetivo de refinar os resultados e direcionar as buscas para estudos relacionados ao tema da pesquisa.

Foram estabelecidos como critérios de inclusão artigos científicos publicados no período de 2020 a 2025, com intuito de se obter buscas de artigos mais recentes e atualizados, nos idiomas inglês, português ou espanhol, disponíveis gratuitamente em texto completo e que abordassem a utilização da matriz dentinária em procedimentos de enxertia óssea na odontologia. Os estudos foram selecionados por meio de uma leitura criteriosa dos títulos, resumos e, posteriormente, do texto completo.

Como critérios de exclusão, foram descartados artigos duplicados entre as bases de dados consultadas, bem como estudos que, após análise do título e do resumo, não apresentaram relação direta com o objeto de investigação desta pesquisa. Nos casos de duplicidade, os artigos foram contabilizados apenas uma vez durante o processo de seleção. A discussão foi

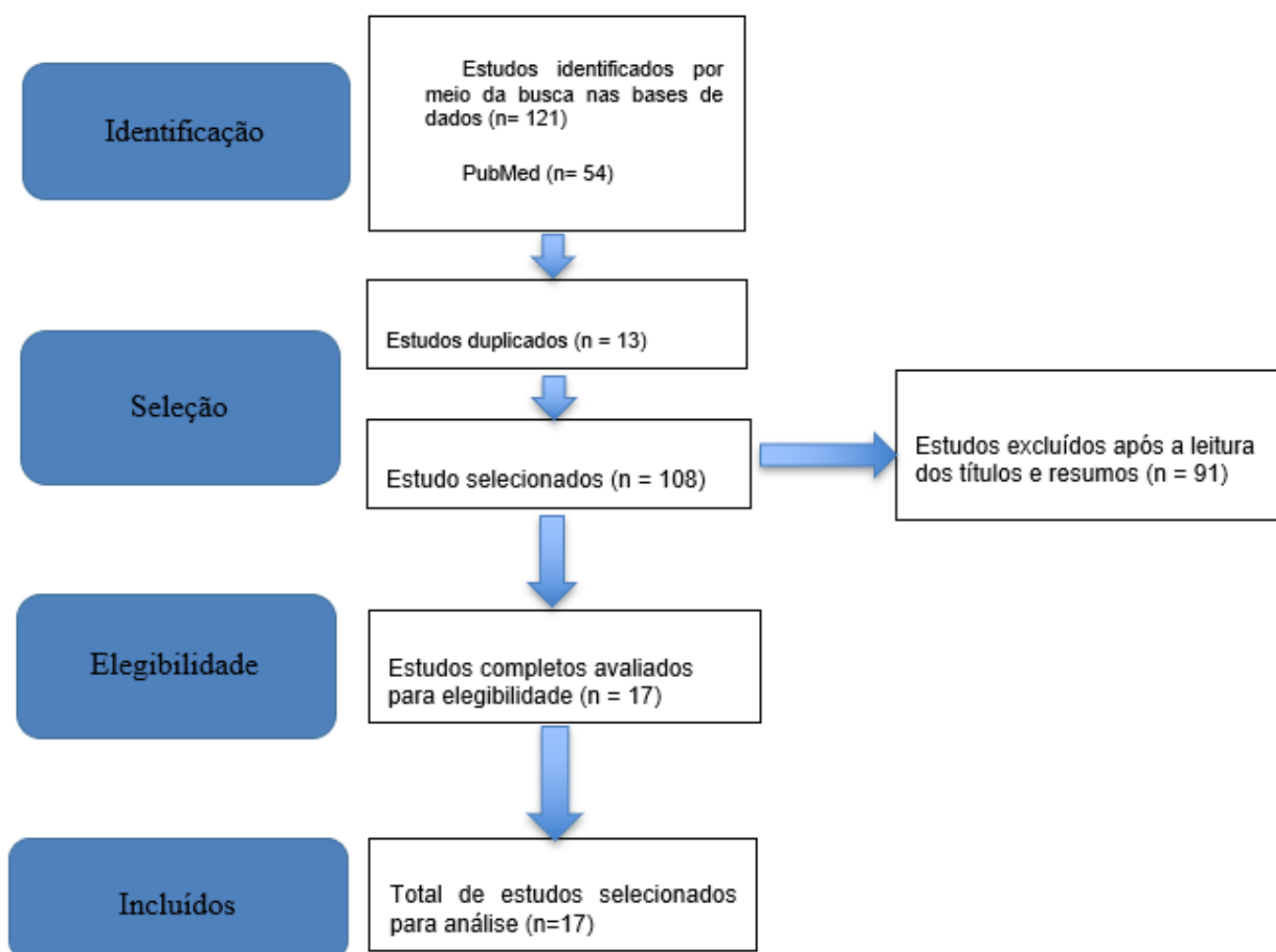
embasada nos estudos selecionados, oferecendo uma análise crítica sobre o tema abordado.

Por se tratar de uma pesquisa que utilizou dados de domínio público, não houve necessidade de aprovação do comitê de ética. No entanto, o estudo seguiu as diretrizes éticas da Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, respeitando todas as normas aplicáveis.

3. Resultados

A figura 1 representa o fluxograma da seleção dos estudos. Foram identificados 54 artigos na PubMed Central, 15 na Cochrane e 52 na BVS Salud, totalizando 121 publicações. Dentre eles, 13 eram duplicados e, portanto, excluídos. Adicionalmente, após as leituras dos títulos e resumos, 92 estudos foram descartados por não atenderem diretamente ao objetivo da pesquisa. Assim, 17 estudos permaneceram para leitura na íntegra. Após essa etapa, todos os 17 estudos foram incluídos para fundamentar a análise e discussão desta pesquisa. O quadro 1 faz uma apresentação e resumo de todos os artigos selecionados.

Figura 1 – Fluxograma.



Fonte: Autoria própria.

A seguir, o Quadro 1 apresenta a relação dos artigos selecionados.

Quadro 1 – Artigos selecionados.

Título	Autor(es) e Ano	Resumo
Demineralized Dentin Matrix for Dental and Alveolar Bone Tissues Regeneration: An Innovative Scope Review	Grawish <i>et al.</i> , 2022	Trata-se de uma revisão de escopo que analisou 68 estudos sobre o papel da matriz de dentina tratada ou desmineralizada (TDM/DDM) na regeneração tecidual. O estudo discute as diversas fontes (humana e animal), formas de apresentação (partículas, hidrogel, pasta) e protocolos de desmineralização, concluindo que o material é eficaz para preservação de alvéolos e aumento de seio maxilar.
Revolutionizing Bone Regeneration with Grinder-Based Dentin Biomaterial: A Systematic Review	Olchoway <i>et al.</i> , 2024	Esta revisão sistemática foca em biomateriais de dentina preparados por meio de trituradores padronizados. Resume as propriedades físico-químicas e a pureza bacteriológica do material, destacando que a dentina processada é altamente biocompatível e atua como uma alternativa promissora aos enxertos ósseos autógenos tradicionais.
Human dentin materials for minimally invasive bone regeneration: Animal studies and clinical cases	Murata <i>et al.</i> , 2023	O artigo revisa evidências de estudos animais e casos clínicos humanos utilizando DDM. Ressalta que, diferentemente das terapias baseadas em células, a DDM é uma terapia baseada em matriz que contém fatores de crescimento (BMPs) e representa um tratamento realista e aceitável para regeneração óssea.
Dentin, Dentin Graft, and Bone Graft: Microscopic and Spectroscopic Analysis	Minetti <i>et al.</i> , 2023	Estudo <i>in vitro</i> que utilizou microscopia eletrônica de varredura (SEM) e espectroscopia (EDS) para comparar a composição química da dentina natural, dentina desmineralizada (via <i>Tooth Transformer</i>) e osso cortical. Concluiu-se que o processo de desmineralização torna a superfície da dentina quimicamente similar à do osso natural.
Demineralized dentin matrix for bone regeneration in dentistry: A critical update	Khurshid <i>et al.</i> , 2024	Uma atualização crítica que resume estudos dos últimos 10 anos sobre DDM. O trabalho enfatiza o potencial osteoindutor e a bioatividade do material, embora destaque a necessidade de padronização dos protocolos de processamento para uso rotineiro na odontologia.
Autologous Tooth Graft: Innovative Biomaterial for Bone Regeneration. Tooth Transformer® and the Role of Microbiota in Regenerative Dentistry. A Systematic Review	Inchingolo <i>et al.</i> , 2023	Revisão sistemática sobre a eficácia do enxerto dentário autólogo, com foco no dispositivo <i>Tooth Transformer</i> . Além de validar as propriedades regenerativas da dentina desmineralizada, o estudo explora a associação entre a saúde óssea e a microbiota intestinal (eixo intestino-cérebro-osso).
Enhanced Bone Regeneration Using Demineralized Dentin Matrix: A Comparative Study in Alveolar Bone Repair	Sultan <i>et al.</i> , 2025	Estudo experimental em coelhos que comparou o potencial regenerativo de diferentes graus de desmineralização da dentina. Os resultados mostraram que a matriz de dentina parcialmente desmineralizada (PDDM) promove uma regeneração óssea mais eficiente e confiável em alvéolos pós-extração.
Osteogenic Potential of Autologous Dentin Graft Compared with Bovine Xenograft Mixed with Autologous Bone in the Esthetic Zone: Radiographic, Histologic and Immunohistochemical Evaluation	Oguić <i>et al.</i> , 2023	Ensaio clínico randomizado que comparou o enxerto de dentina autóloga com xenoenxerto bovino misturado a osso autólogo em áreas estéticas. Ambas as abordagens apresentaram resultados clínicos e radiográficos semelhantes na preservação do rebordo alveolar.
Osteoclastogenesis markers in craniofacial bone defects after demineralized dentin material membrane implantation as guided bone regeneration	Mahendra <i>et al.</i> , 2025	Estudo experimental em ratos que analisou marcadores de osteoclastogênese (TNF- α e RANKL) após o uso de membranas de dentina desmineralizada (DDMM) em defeitos ósseos. Concluiu-se que a DDMM tem potencial para ser superior às membranas de colágeno comerciais em procedimentos de regeneração óssea guiada.
Comparing the release of growth factors when partially demineralized tooth matrix is mixed with platelet rich fibrin and injectable platelet rich fibrin: An in-vitro observational study	Gowda <i>et al.</i> , 2024	Estudo <i>in vitro</i> que quantificou a liberação de fatores de crescimento (como VEGF e TGF- β) ao misturar matriz de dentina parcialmente desmineralizada com concentrados de plaquetas (PRF e i-PRF). Demonstrou que a liberação desses fatores é significativamente maior quando o material é combinado com i-PRF.
Dentin Grafts: Navigating the Paradigm Shift in Regenerative Dentistry	Dixit <i>et al.</i> , 2024	Artigo de revisão que explora a história, as propriedades e as diversas aplicações clínicas dos enxertos de dentina. Destaca a dentina como um "reservatório" de fatores de crescimento e uma alternativa eficaz aos materiais de enxerto padrão para estimular a regeneração tecidual.

A bi-layered asymmetric membrane loaded with demineralized dentin matrix for guided bone regeneration	Bao <i>et al.</i> , 2023	Pesquisa que investiga a combinação de DDM com cola de fibrina (FG) para potencializar a regeneração óssea. Através de testes <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> , o estudo fornece novos conhecimentos sobre como essa combinação pode atuar como um biomaterial eficaz em cirurgias orais.
Autologous tooth for bone regeneration: dimensional examination of Tooth Transformer® granules	Minetti <i>et al.</i> , 2023	Estudo técnico que examinou a granulometria das partículas obtidas pelo dispositivo <i>Tooth Transformer</i> . Confirmou que 85% dos grânulos produzidos estão de acordo com as dimensões ideais sugeridas pela literatura para promover a osteogênese.
Acid Dentin Lysate Failed to Modulate Bone Formation in Rat Calvaria Defects	Nasirzade <i>et al.</i> , 2021	Estudo experimental que avaliou se o lisado ácido de dentina (uma forma líquida) poderia modular a formação óssea em defeitos cranianos de ratos. O estudo concluiu que, nesta forma específica de extrato, o material falhou em afetar significativamente a regeneração óssea.
Comparative Effectiveness of an Autologous Dentin Matrix for Alveolar Ridge Preservation	Redko <i>et al.</i> , 2024	Estudo clínico randomizado que comparou quatro materiais para preservação alveolar (xenoenxerto, PRGF, ADM e hidroxiapatita). A matriz dentinária autóloga (ADM) e o xenoenxerto apresentaram os menores níveis de reabsorção óssea 16 semanas após a extração.
APDDM mixed with i-PRF as a graft material for bone regeneration - A case report	Singh <i>et al.</i> , 2023	Relato de caso clínico que descreve o preparo em consultório (<i>chair-side</i>) de matriz dentinária autógena parcialmente desmineralizada (APDDM) misturada com i-PRF. O uso imediato como enxerto resultou em excelente qualidade óssea para a instalação posterior de implante.
Reducing Healing Period with DDM/rhBMP-2 Grafting for Early Loading in Dental Implant Surgery	Ku <i>et al.</i> , 2025	Estudo clínico retrospectivo que avaliou o uso de DDM combinado com proteína morfogenética óssea recombinante humana (rhBMP-2). Concluiu-se que esta combinação acelera o período de osseointegração, permitindo o carregamento precoce dos implantes (em 2 a 3 meses) com alta estabilidade.

Fonte: Autoria própria.

4. Discussão

4.1 Regenerações ósseas e tipos de enxertos

A preservação ou reconstrução do volume ósseo é uma questão importante no planejamento e na execução de tratamentos cirúrgicos em odontologia. A extração dentária, mesmo quando realizada de forma conservadora, ou a perda dentária decorrente de problemas periodontais, podem levar à reabsorção do osso alveolar, fenômeno contínuo e inevitável. Segundo Singh, Gupta e Sarkar (2023), há uma redução óssea alveolar em torno de 50% nos primeiros 12 meses após a perda dos elementos dentários, sendo que mais de dois terços dessa reabsorção ocorrem nos três primeiros meses, comprometendo significativamente a arquitetura óssea.

Corroborando esses achados, Grawish et al. (2022) destacam que a reabsorção óssea alveolar pós-extração é um processo fisiológico inevitável, que ocorre principalmente devido à ausência de estímulos mecânicos e biológicos no tecido ósseo, resultando em alterações dimensionais que dificultam a reabilitação oral. De forma semelhante, Olchoway et al. (2024) reforçam que essa perda volumétrica compromete diretamente o planejamento implantológico, especialmente em áreas estéticas, onde a manutenção do contorno ósseo é essencial para o sucesso clínico.

Essa perda óssea representa um grande desafio clínico, especialmente em regiões estéticas, onde a instalação de implantes exige volume ósseo adequado para garantir estabilidade primária, além de resultados funcionais e estéticos satisfatórios. Pacientes com biótipo periodontal fino apresentam maior suscetibilidade à reabsorção acentuada da cortical vestibular, agravando ainda mais a deficiência óssea após a perda dentária. Além disso, situações envolvendo patologias ósseas marginais ou extrações traumáticas, com conseqüente perda de uma ou mais paredes ósseas, favorecem o crescimento de tecido fibroso no interior do alvéolo. Esse tecido interfere negativamente no processo natural de cicatrização e impede a regeneração óssea adequada, muitas vezes tornando necessária a realização de procedimentos de regeneração óssea com o uso de enxertos antes da reabilitação com implantes (Redko et al., 2024).

Nesse contexto, os enxertos ósseos desempenham papel fundamental na reconstrução dos defeitos ósseos, uma vez que possibilitam a restauração do volume perdido e criam condições adequadas para a reabilitação oral. Segundo Inchingolo et al. (2023), além de preencher e manter o espaço do defeito ósseo, o enxerto deve estabilizar o coágulo, fornecer proteínas bioativas e liberar células com potencial regenerativo, favorecendo a adesão de osteoblastos e osteoclastos. Concordando com esses autores, Khurshid et al. (2024) enfatizam que um enxerto ideal deve atuar como um arcabouço tridimensional que permita a migração celular e a neoformação óssea, além de participar ativamente dos processos biológicos de regeneração.

Além disso, Ku et al. (2025) acrescentam que a eficácia dos enxertos ósseos está diretamente relacionada à sua capacidade de modular o microambiente local, promovendo não apenas suporte estrutural, mas também estímulo à diferenciação celular, o que reforça a importância de biomateriais com propriedades biológicas ativas.

Dessa forma, o material ideal para enxerto ósseo deve apresentar não apenas propriedades osteocondutoras, mas também capacidade de promover osteoindução e osteogênese. Atualmente, essas três características são encontradas simultaneamente apenas nos enxertos autógenos, motivo pelo qual são considerados o padrão-ouro nos procedimentos de regeneração óssea (Redko et al., 2024; Schmidt, 2021, apud Bao et al., 2023). Confirmando essa afirmação, Murata et al. (2023) ressalta que os enxertos autógenos apresentam excelente capacidade de integração biológica, devido à presença de células viáveis e fatores de crescimento endógenos.

De acordo com Inchingolo et al. (2023), os enxertos autólogos também apresentam vantagens importantes, como ausência de reações imunológicas adversas e maior estímulo à proliferação óssea, favorecendo um processo de cicatrização mais rápido. Entretanto, apesar dessas vantagens biológicas, a aplicação clínica dos enxertos autógenos apresenta algumas limitações relevantes. Entre elas destacam-se a necessidade de um procedimento cirúrgico adicional para coleta do material, aumento da morbidade cirúrgica, perda de sangue, dor pós-operatória e dificuldade de acesso às áreas doadoras (Inchingolo et al., 2023; Ku et al., 2025; Scheerlinck, 2013, apud Nasirzade et al., 2021).

Em contrapartida, Nasirzade et al. (2021) destacam que, embora os enxertos autógenos apresentem excelente potencial regenerativo, sua reabsorção pode ocorrer de forma relativamente rápida, o que pode comprometer a manutenção volumétrica do enxerto ao longo do tempo. Além disso, os fatores de crescimento presentes no enxerto autólogo são liberados apenas após sua completa reabsorção, o que pode limitar parcialmente seu potencial regenerativo imediato (Inchingolo et al., 2023).

Diante dessas limitações, outros tipos de enxertos têm sido amplamente utilizados na prática clínica, buscando reduzir a morbidade cirúrgica e ampliar as opções terapêuticas disponíveis. Entretanto, a maioria desses materiais apresenta apenas propriedades osteocondutoras. Corroborando essa limitação, Olchoway et al. (2024) afirmam que biomateriais sintéticos e xenógenos atuam predominantemente como arcabouços passivos, sem participação ativa na indução da formação óssea.

Além disso, seu tempo de reabsorção pode variar significativamente, sendo muito longo em alguns casos, como nos enxertos de hidroxiapatita, ou excessivamente curto, como nos derivados de ácidos poliglicólicos e poliláticos. Em contrapartida, Khurshid et al. (2024) apontam que, apesar dessas limitações, esses materiais continuam sendo amplamente utilizados devido à sua disponibilidade, previsibilidade clínica e ausência de necessidade de área doadora.

Outros materiais também apresentam desvantagens adicionais, como o risco de reações imunológicas e infecções nos aloenxertos, incompatibilidade com crenças religiosas no caso dos xenoenxertos e alto custo, apesar de diversos estudos demonstrarem sua eficácia na regeneração óssea (Inchingolo et al., 2023).

Considerando essas diferentes características, os enxertos ósseos podem ser classificados de acordo com sua origem. Segundo Inchingolo et al. (2023), essa classificação inclui:

- Osso humano autólogo (do próprio paciente);
- Alógeno (retirado de outro doador da mesma espécie);
- Xenógeno (osso de animais ou de corais);

- Alop lástico [biovidro, hidroxiapatita (HA), β -fosfato tricálcico (TCP), derivados de ácido poliglicólico e polilático];
- Outros.

Diante das limitações associadas a alguns desses materiais, novas alternativas têm sido investigadas na odontologia regenerativa, buscando biomateriais capazes de apresentar elevada biocompatibilidade, potencial regenerativo e menor morbidade cirúrgica. Nesse cenário, reforçando essa tendência, Grawish et al. (2022) e Khurshid et al. (2024) destacam que biomateriais de origem autógena com propriedades bioativas vêm ganhando destaque na literatura recente. Assim, a dentina tem emergido como um biomaterial promissor para utilização em enxertos ósseos, devido à sua composição estrutural e biológica semelhante à do tecido ósseo.

4.2 Dentina como biomateriais para enxertos

A dentina é um tecido mineralizado especializado que compõe a maior parte do dente, localizado entre o esmalte e a polpa dentária. Estruturalmente, apresenta aproximadamente 70% de fase inorgânica, composta principalmente por hidroxiapatita, 20% de matriz orgânica e cerca de 10% de água, características que lhe conferem propriedades físico-químicas semelhantes às do tecido ósseo (Grawish et al., 2022). Fundamentando esses dados, Khurshid et al. (2024) destacam que essa composição confere à dentina propriedades mecânicas e biológicas compatíveis com o osso alveolar, favorecendo sua utilização como biomaterial em procedimentos regenerativos.

A fração orgânica da dentina é constituída predominantemente por colágeno tipo I, representando cerca de 90% dessa matriz, além de pequenas quantidades de proteínas não colágenas, como osteopontina, osteocalcina, fosfoproteínas dentinárias e sialoproteínas (Inchingolo et al., 2023; Khurshid et al., 2024). Essas proteínas desempenham papel fundamental na regulação da mineralização e na liberação de fatores de crescimento importantes para os processos de reparo e regeneração tecidual. Nesse sentido, Murata et al. (2023) corroboram que a matriz dentinária atua como um reservatório biológico de moléculas sinalizadoras capazes de modular a atividade celular durante a regeneração óssea.

Entre os principais fatores de crescimento presentes na matriz dentinária destacam-se as proteínas morfogenéticas ósseas (BMPs), o fator de crescimento semelhante à insulina (IGF), o fator de crescimento transformante beta (TGF- β) e o fator de crescimento de fibroblastos básico (bFGF) (Grawish et al., 2022; Khurshid et al., 2024). Segundo Olchoway et al. (2024) e Sultan et al. (2025), esses componentes bioativos conferem à dentina caráter osteoindutor, permitindo estimular a diferenciação de células mesenquimais em osteoblastos e promover a neoformação óssea. Concordando com esses autores, Mahendra et al. (2025) demonstraram aumento na expressão de marcadores relacionados à atividade osteoblástica em áreas tratadas com matriz dentinária, reforçando seu potencial bioativo.

Além da presença desses fatores bioativos, a semelhança estrutural e química entre a dentina e o tecido ósseo representa outro fator determinante para seu uso como biomaterial em enxertos. Estudos comparativos demonstraram que, após o processo de desmineralização, a dentina apresenta proporções de cálcio e fósforo (Ca/P) muito próximas às do osso alveolar, além de uma microarquitetura tubular altamente permeável, que favorece a migração celular e a vascularização (Inchingolo et al., 2023; Minetti et al., 2023a). Confirmando esses achados, Oguić et al. (2023) observaram que a dentina apresenta rugosidade superficial e microporosidade semelhantes ao osso trabecular, o que favorece a adesão celular e a osteocondução.

De acordo com Minetti et al. (2023a), análises microscópicas e espectroscópicas confirmaram que o processo de desmineralização torna a superfície dentinária quimicamente compatível com o tecido ósseo, permitindo integração tecidual eficiente e regeneração previsível. Em consonância com esses resultados, Olchoway et al. (2024) ressaltam que a micro e nanotopografia da dentina processada exerce papel fundamental na interação célula-matriz, contribuindo para o sucesso dos enxertos.

Nesse sentido, o processo de desmineralização parcial desempenha papel fundamental na exposição das proteínas

bioativas presentes na matriz dentinária. Quando submetida a agentes como EDTA, ácido clorídrico diluído ou ácido nítrico, a dentina perde parte de sua fase mineral, preservando o colágeno tipo I e os fatores de crescimento, formando uma matriz bioativa e osteoindutora (Grawish et al., 2022; Sultan et al., 2025). Essa forma é conhecida como matriz dentinária desmineralizada (DDM), sendo amplamente investigada como substituto ósseo autógeno em diferentes procedimentos regenerativos (Murata et al., 2023; Oguić et al., 2023). Confirmando essa aplicabilidade, Inchingolo et al. (2023) destacam que a DDM apresenta elevada biocompatibilidade, ausência de resposta imunológica e capacidade de integração com o tecido receptor, características essenciais para um biomaterial ideal. Da mesma maneira, Ku et al. (2025) destacam que a desmineralização controlada aumenta a biodisponibilidade de proteínas osteoindutoras, potencializando a resposta regenerativa.

Entretanto, Grawish et al. (2022) e Sultan et al. (2025) ressaltam que o grau de desmineralização influencia diretamente o comportamento biológico do material, uma vez que a desmineralização completa pode levar à perda de estabilidade estrutural e a uma reabsorção excessivamente rápida, enquanto a desmineralização parcial tende a equilibrar de forma ideal a resistência mecânica e a bioatividade. Dessa forma, observa-se um consenso entre os autores de que o controle rigoroso do processo de desmineralização é um fator crítico para otimizar a capacidade regenerativa e o sucesso clínico da matriz dentinária. Considerando essas características biológicas e estruturais, torna-se fundamental compreender como a dentina pode ser obtida e preparada para utilização clínica como biomaterial em enxertos ósseos.

4.3 Processos de obtenção e preparo da matriz dentinária

O sucesso da utilização da dentina como biomaterial autógeno depende diretamente do método empregado em seu preparo. O processamento adequado tem como objetivo remover contaminantes orgânicos e preservar as propriedades bioativas da matriz dentinária, mantendo o colágeno tipo I e os fatores de crescimento responsáveis pelo potencial osteoindutor do material (Inchingolo et al., 2023; Khurshid et al., 2024). Corroborando essa perspectiva, Grawish et al. (2022) destacam que a eficácia biológica da matriz dentinária está diretamente relacionada à preservação de sua composição orgânica durante o preparo, especialmente das proteínas sinalizadoras envolvidas na regeneração óssea.

Sánchez-Labrador et al. (2020) apud Dixit et al. (2024) e Inchingolo et al. (2023), confirmam que o protocolo de obtenção da matriz dentinária autógena (MDA) envolve, de modo geral, a coleta do dente extraído, seguida pelas etapas de limpeza, trituração, desmineralização parcial e esterilização. Inicialmente, o dente é higienizado e são removidos tecidos moles, restaurações, cáries, tártaro e peças protéticas. Para isso, pode ser necessário o uso de uma broca diamantada montada em uma turbina de alta rotação (Inchingolo et al., 2023). Concordando com essa abordagem, Olchoway et al. (2024) ressaltam que a etapa de limpeza é fundamental para evitar contaminações e garantir a qualidade do biomaterial final.

Após essa etapa inicial, o dente é triturado em partículas com dimensões que variam entre 300 e 1200 µm, tamanho considerado ideal para permitir a difusão celular e a vascularização após a enxertia. Em seguida, o material passa por um processo de desmineralização utilizando soluções ácidas e, posteriormente, por um processo de esterilização, garantindo a biossegurança do biomaterial antes de sua aplicação clínica (Grawish et al., 2022; Inchingolo et al., 2023; Olchoway et al., 2024).

Com o avanço das tecnologias aplicadas à odontologia regenerativa, esse processamento pode ser realizado de forma automatizada por meio de equipamentos específicos, como o Tooth Transformer (TT) e o Smart Dentin Grinder, que permitem maior padronização do material obtido e maior controle das etapas de preparo (Inchingolo et al., 2023; Gowda et al., 2024). De acordo com Inchingolo et al. (2023), o sistema Tooth Transformer realiza a trituração e a desmineralização parcial do dente em um ciclo fechado de aproximadamente 25 minutos. O protocolo inicia-se com a limpeza dos dentes extraídos, que posteriormente são posicionados no dispositivo para serem triturados. Após essa etapa, o material é misturado a três líquidos distintos responsáveis pela desmineralização parcial, preservando as proteínas bioativas presentes na dentina. Esses líquidos encontram-se distribuídos em seis compartimentos de um cartucho de uso único, sendo dois deles compostos por soluções ativas, como

ácido clorídrico 0,1 mol/L e peróxido de hidrogênio a 10%.

Para evitar alterações nas proteínas presentes na matriz dentinária, os grânulos obtidos são submetidos a vibrações ultrassônicas com variações controladas de temperatura, que permanecem sempre abaixo de 45 °C, além da exposição à radiação ultravioleta (UV). Ao final do ciclo de aproximadamente 25 minutos, o equipamento permite obter um enxerto com partículas variando entre 400 e 800 µm, prontas para utilização clínica (Inchingolo et al., 2023). Ratificando essa metodologia, Gowda et al. (2024) destacam que o uso de sistemas automatizados reduz a variabilidade operatória e melhora a reprodutibilidade dos resultados clínicos.

Além disso, Gowda et al. (2024) descrevem o Smart Dentin Grinder, que, de maneira semelhante, segue um protocolo baseado na moagem mecânica do dente extraído, seguida pela imersão das partículas dentinárias em agentes desmineralizantes por um período que varia entre 10 e 20 minutos. Esse processo resulta em uma matriz parcialmente desmineralizada rica em colágeno e proteínas osteoindutoras, características fundamentais para o sucesso da regeneração óssea. Em consonância com esses achados, Khurshid et al. (2024) ressalta que diferentes sistemas de processamento podem alcançar resultados semelhantes, desde que respeitem os princípios biológicos de preservação da matriz orgânica.

Outro fator importante relacionado ao preparo da matriz dentinária refere-se ao grau de desmineralização do material. Grawish et al. (2022) e Sultan et al. (2025) concordam que a desmineralização parcial é geralmente preferida em relação à desmineralização total, pois permite a remoção de grande parte da fase mineral e de componentes potencialmente imunogênicos, ao mesmo tempo em que preserva a estrutura colagenosa da dentina e expõe fatores de crescimento que serão liberados gradualmente após a implantação do enxerto. Reforçando essa visão, Sultan et al. (2025) afirmam que a desmineralização parcial proporciona um equilíbrio ideal entre estabilidade estrutural e bioatividade.

Adicionalmente, Minetti et al. (2023b) e Oguić et al. (2023) demonstram que o preparo adequado da matriz dentinária promove uma superfície altamente compatível com o tecido ósseo receptor, favorecendo a adesão celular e a integração tecidual. A esterilização controlada, realizada geralmente por meio de imersão em soluções desinfetantes específicas ou pela aplicação de radiação UV, garante a eliminação de patógenos sem comprometer a bioatividade do biomaterial (Inchingolo et al., 2023).

Dessa forma, o processo de preparo da matriz dentinária busca estabelecer um equilíbrio entre biossegurança e preservação das propriedades biológicas do material, assegurando que o enxerto final seja biocompatível, osteoindutor e mecanicamente estável. Essa padronização tem permitido o uso clínico cada vez mais previsível da dentina autógena em diferentes procedimentos reconstrutivos da odontologia regenerativa. Nesse sentido, autores concordam que os avanços tecnológicos e a padronização dos protocolos têm sido determinantes para a consolidação da dentina como biomaterial promissor na prática clínica.

Considerando essas características biológicas e os avanços nos métodos de preparo do material, torna-se relevante analisar as principais aplicações clínicas da matriz dentinária e os resultados obtidos com sua utilização em procedimentos odontológicos.

4.4 Aplicações e resultados clínicos em procedimentos odontológicos

A matriz dentinária autógena (MDA) tem recebido crescente atenção como biomaterial de enxerto autólogo na odontologia regenerativa. Isso ocorre porque tanto a dentina quanto o osso alveolar possuem origem embrionária semelhante, derivando de células da crista neural. Segundo Singh, Gupta e Sarkar (2023), o uso da dentina humana como enxerto ósseo autógeno foi registrado pela primeira vez no Japão, em 2002, durante um procedimento de elevação do seio maxilar, tendo seu relato científico publicado no ano seguinte.

Devido às propriedades biológicas presentes nos enxertos autógenos, a matriz dentinária pode promover regeneração óssea em diferentes contextos da odontologia reabilitadora. De acordo com Singh, Gupta e Sarkar (2023), esse biomaterial tem

sido utilizado em procedimentos como preservação de alvéolos pós-extração, aumento do nível ósseo alveolar, regeneração óssea guiada e levantamento do seio maxilar. Corroborando essa aplicabilidade clínica, Murata et al. (2023) destacam que os enxertos derivados de dentina humana apresentam versatilidade e podem ser empregados em diferentes situações clínicas, incluindo defeitos ósseos extensos e áreas de difícil regeneração, com resultados previsíveis.

Nesse sentido, Redko et al. (2024) realizaram um estudo comparando a eficácia da aplicação de MDA com outros tipos de enxertos em procedimentos de preservação alveolar. Os resultados demonstraram que os melhores desempenhos foram observados nos grupos tratados com xenoenxertos e com matriz dentinária autógena. Em relação à preservação vertical, o grupo tratado com xenoenxerto apresentou taxa de reabsorção de 4,4% do valor inicial, enquanto o grupo tratado com MDA apresentou taxa de 5,2%. Já em relação à reabsorção horizontal, ambos os grupos apresentaram valores semelhantes, atingindo cerca de 3,7% do valor inicial de referência. Concordando com esses achados, Olchoway et al. (2024) afirmam que a matriz dentinária apresenta desempenho clínico comparável a outros biomateriais amplamente utilizados, especialmente no que se refere à manutenção do volume ósseo após extrações dentárias.

Nos casos em que fragmentos de MDA foram aplicados em alvéolos pós-extração, observou-se formação progressiva de tecido ósseo com diferentes graus de organização e maturidade. Após aproximadamente 14 semanas, a área alveolar encontrava-se preenchida por osso esponjoso com trabéculas bem desenvolvidas e anastomosadas, indicativas de um processo de regeneração em estágio avançado. Além disso, foram identificados osteoblastos metabolicamente ativos na superfície das trabéculas ósseas, evidenciando atividade osteogênica em andamento (Redko et al., 2024). Corroborando esses resultados, Mahendra et al. (2025) demonstraram aumento na expressão de marcadores relacionados à remodelação óssea em áreas tratadas com matriz dentinária, indicando intensa atividade celular e participação ativa do biomaterial no processo regenerativo.

A aplicação da MDA também tem sido investigada em associação com implantes dentários. De acordo com Tazaki et al. (2012, apud Inchingolo et al., 2023) enxertos de dentina humana desmineralizada foram utilizados simultaneamente à instalação de implantes em áreas com defeitos ósseos. Durante e após o procedimento cirúrgico não foram observadas complicações, reações adversas ou reabsorção óssea ao redor dos implantes, e o acompanhamento clínico de 35 meses não demonstrou falhas nos implantes ou nos pilares protéticos. De forma semelhante, Ku et al. (2025) observaram, em uma análise de longo prazo, que o uso da matriz dentinária desmineralizada está associado a altas taxas de sucesso em reabilitações com implantes, apresentando estabilidade óssea e adequada integração tecidual ao longo do tempo.

Resultados semelhantes foram relatados em um estudo prospectivo com quarenta pacientes, no qual Li et al. (2018, apud Grawish et al., 2022) observaram que grânulos autógenos de matriz dentinária preparados em consultório após extrações dentárias podem atuar como excelente substituto ósseo em procedimentos de regeneração óssea guiada, inclusive em pacientes com periodontite avançada. Em contrapartida, Khurshid et al. (2024) ressaltam que, apesar dos resultados promissores, ainda há necessidade de padronização dos protocolos clínicos e de estudos com maior nível de evidência para consolidar definitivamente o uso da dentina como substituto ósseo de rotina.

Além disso, Ku et al. (2025) destacam que a associação da matriz dentinária com biomoléculas, como proteínas morfogenéticas ósseas, pode potencializar ainda mais sua eficácia clínica, reduzindo o tempo de cicatrização e favorecendo a regeneração em casos mais complexos. Dessa forma, observa-se uma tendência crescente na literatura em combinar a MDA com outros agentes biológicos, buscando maximizar seus efeitos regenerativos.

Diante disso, a eficácia clínica da matriz dentinária também foi investigada em diferentes estudos clínicos. Minamizato et al. (2018, apud Grawish et al., 2022) avaliaram a aplicação da MDA parcialmente desmineralizada, preparada imediatamente após a extração dentária, em dezesseis pacientes submetidos à instalação de implantes. Os resultados demonstraram que o material apresentou segurança, eficiência e viabilidade clínica para uso em procedimentos regenerativos. Corroborando esses achados, Pang et al. (2017, apud Grawish et al., 2022), em um ensaio clínico prospectivo randomizado envolvendo 33 sítios de

enxerto em 24 pacientes, observaram que a matriz dentinária autógena apresentou desempenho comparável e, em alguns aspectos, superior ao osso bovino inorgânico no aumento ósseo alveolar após extração dentária.

Essa superioridade em relação a biomateriais xenógenos é reforçada por Elfana et al. (2021, apud Grawish et al., 2022), que, ao compararem enxertos provenientes de dentes inteiros com enxertos de matriz dentinária desmineralizada, observaram eficácia clínica semelhante entre os métodos. Entretanto, análises histológicas demonstraram que a MDA apresentou melhor remodelação óssea, maior integração tecidual e propriedades osteoindutoras mais pronunciadas. Dessa forma, observa-se uma convergência entre os estudos, indicando que, embora diferentes materiais possam apresentar resultados clínicos satisfatórios, a matriz dentinária autógena tende a apresentar vantagens biológicas relacionadas à qualidade do tecido ósseo formado.

Em consonância com esses resultados clínicos, Redko et al. (2024) destacam o elevado potencial osteoindutor da matriz dentinária autógena. Esse potencial foi evidenciado pela elevada presença de tecido ósseo fibroso imaturo observado após sua implantação em alvéolos dentários, representando aproximadamente 42% do tecido formado. Esse tipo de tecido ósseo inicial é considerado um indicativo favorável à diferenciação osteogênica futura e à formação subsequente de osso lamelar funcional. Assim, os achados de Redko et al. (2024) corroboram os resultados histológicos descritos por Elfana et al. (2021, apud Grawish et al., 2022), reforçando a capacidade da MDA de promover um ambiente propício à neoformação óssea.

Outro dado relevante apresentado por Redko et al. (2024) foi a baixa proporção de tecido conjuntivo observada nas áreas enxertadas com MDA, com menos de 25% nas regiões avaliadas. Em contrapartida, o grupo tratado com xenoenxerto apresentou cerca de 39,4% desse tecido, enquanto o grupo tratado com PRGF apresentou percentual significativamente maior, atingindo 69,7%. A presença elevada de tecido conjuntivo é considerada indesejável, pois pode indicar tendência à fibrose e prejudicar o processo de formação e maturação óssea. Esses achados vão ao encontro dos resultados de Pang et al. (2017, apud Grawish et al., 2022), que já indicavam desempenho superior da MDA em relação a biomateriais convencionais, especialmente no que se refere à qualidade do tecido regenerado.

Quanto à quantidade total de osso formado, os maiores índices foram observados nos grupos tratados com MDA e hidroxiapatita, com 62,6% e 72,6% de tecido ósseo nas biópsias, respectivamente (Redko et al., 2024). Esses resultados reforçam o potencial regenerativo da matriz dentinária autógena como biomaterial seguro, eficaz e biologicamente ativo, consolidando sua aplicação em procedimentos de regeneração óssea na prática odontológica.

5. Considerações Finais

A utilização da matriz dentinária autógena (MDA) como biomaterial para enxertia óssea demonstra ser uma alternativa extremamente promissora e eficaz na odontologia contemporânea. O trabalho evidencia que a principal possibilidade e vantagem deste material reside na sua semelhança biológica e estrutural com o tecido ósseo, possuindo uma matriz mineral de hidroxiapatita e uma matriz orgânica rica em colágeno tipo I e fatores de crescimento, como as proteínas morfogenéticas ósseas (BMPs). Essas características conferem à dentina propriedades de osteocondução e osteoindução, permitindo uma regeneração óssea ativa e de alta qualidade, muitas vezes superior aos materiais xenógenos em termos de remodelação tecidual.

Clinicamente, as possibilidades de aplicação são amplas, abrangendo desde a preservação de alvéolos pós-extração até o levantamento de seio maxilar e a preparação de sítios para implantes dentários, com resultados que demonstram excelente estabilidade volumétrica e integração tecidual. Além disso, o desenvolvimento de tecnologias de processamento automatizado, como o Tooth Transformer, viabiliza o preparo do material em tempo real no consultório, eliminando a necessidade de um segundo sítio cirúrgico para coleta de osso e reduzindo a morbidade para o paciente.

Por outro lado, o estudo também identificou limitações importantes. A principal delas é a disponibilidade do material, que fica restrita a pacientes que possuam elementos dentários indicados para extração. Além disso, a literatura aponta para uma

falta de padronização universal nos protocolos de preparo, especialmente no que diz respeito ao grau ideal de desmineralização e ao tamanho das partículas, o que pode influenciar a taxa de reabsorção e a bioatividade do enxerto. Por fim, embora os resultados iniciais sejam positivos, ainda há necessidade de mais ensaios clínicos randomizados de longo prazo para consolidar protocolos definitivos e comparar a eficácia da dentina com outros biomateriais padrão-ouro em diferentes cenários complexos.

Em suma, a matriz dentinária autógena apresenta-se como um substituto ósseo viável, seguro e biologicamente ativo, que otimiza os processos regenerativos e respeita os princípios da biocompatibilidade, posicionando-se como uma peça-chave na evolução da implantodontia e da cirurgia oral reconstrutiva.

Referências

- Bao, J. et al. (2023). The healing capacity and osteogenesis pattern of demineralized dentin matrix (DDM)-fibrin glue (FG) compound. *Scientific reports*. 13(1), 13140. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40258-7>.
- Crossetti, M. G. O. (2012). Revisão integrativa de pesquisa na enfermagem : o rigor científico que lhe é exigido. *Revista gaúcha de enfermagem*. 33(2), 8-13.
- Dixit, D. S. et al. (2024). Dentin Grafts: Navigating the Paradigm Shift in Regenerative Dentistry. *Cureus*. 16(10), e70760. <https://www.cureus.com/articles/274972-dentin-grafts-navigating-the-paradigm-shift-in-regenerative-dentistry#!/>.
- Gowda, H. B. H. et al. (2024). Comparing the release of growth factors when partially demineralized tooth matrix is mixed with platelet rich fibrin and injectable platelet rich fibrin: An in-vitro observational study. *Journal of Oral and Maxillofacial Pathology*. 28, 415–21. https://doi.org/10.4103/jomfp.jomfp_545_23.
- Grawish, M. E. et al. (2022). Demineralized dentin matrix for dental and alveolar bone tissues regeneration: An innovative scope review. *Tissue Engineering and Regenerative Medicine*. 19(4), 687–701. <https://doi.org/10.1007/s13770-022-00438-4>.
- Hussain, A. A. et al. (2023). Efficacy of autogenous dentin biomaterial on alveolar ridge preservation: a randomized controlled clinical trial. *BioMed Research International*. 2023(7932432), 1-9. <https://doi.org/10.1155/2023/7932432>
- Inchingolo, A. M. et al. (2023). Autologous tooth graft: Innovative biomaterial for bone regeneration. Tooth Transformer® and the role of microbiota in regenerative dentistry: A systematic review. *Journal of Functional Biomaterials*. 14(3), 132. <https://doi.org/10.3390/jfb14030132>.
- Ku, J. K. et al. (2025). Reducing Healing Period with DDM/rhBMP-2 Grafting for Early Loading in Dental Implant Surgery. *Tissue engineering and regenerative medicine*. 22(2). 261-71. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13770-024-00689-3>.
- Khurshid, Z. et al. (2024). Demineralized dentin matrix for bone regeneration in dentistry: A critical update. *The Saudi Dental Journal*. 36, 443–50. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2023.11.028>.
- Mahardawi, B. (2023a). Jiaranuchart, Suppakorn; Tompkins, Kenneth A.; Pimkhaokham, Atiphan. Efficacy of the autogenous dentin graft for implant placement: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 52(5), 604-12. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2022.10.014>.
- Mahardawi, B., Kyaw, T. T., Mattheos, N., Pimkhaokham, A. et al. (2023b). The clinical efficacy of autogenous dentin blocks prepared chairside for alveolar ridge augmentation: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*. 34(10), 1025-37. <https://doi.org/10.1111/clr.14131>.
- Mahendra, D. A. et al. (2025). Osteoclastogenesis markers in craniofacial bone defects after demineralized dentin material membrane implantation as guided bone regeneration. *Journal of Applied Oral Science*. 33, e20240254, 2025. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2024-0254>.
- Meném, M., Santos, A. & Mascarenhas, P. (2024). Regenerating alveolar bone for implant placement: the efficacy of autogenous mineralized dentin matrix — a systematic review and meta-analysis. *Applied Sciences*. 14(21), art. 10018, p. 1-18. <https://doi.org/10.3390/app142110018>.
- Minetti, E. et al. (2023a). Dentin, dentin graft, and bone graft: Microscopic and spectroscopic analysis. *Journal of Functional Biomaterials*. 14(5), 272. <https://doi.org/10.3390/jfb14050272>.
- Minetti, E. et al. (2023b). Autologous tooth for bone regeneration: dimensional examination of Tooth Transformer® granules. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*. 27, 5421-30. <https://www.europeanreview.org>.
- Murata, M. et al. (2023). Human dentin materials for minimally invasive bone regeneration: Animal studies and clinical cases. *Journal of Oral Biosciences*. 65, 13–8. <https://doi.org/10.1016/j.job.2022.10.003>.
- Nasirzade, J et al. (2021). Acid Dentin Lysate Failed to Modulate Bone Formation in Rat Calvaria Defects. *Biology*. 10(3), 196. <https://www.mdpi.com/2079-7737/10/3/196>.
- Oguić, M. et al. (2023). Osteogenic potential of autologous dentin graft compared with bovine xenograft mixed with autologous bone in the esthetic zone: Radiographic, histologic and immunohistochemical evaluation. *International Journal of Molecular Sciences*. 24(7), 6440. <https://doi.org/10.3390/ijms24076440>.
- Olchoway, A. et al. (2024). Revolutionizing bone regeneration with grinder-based dentin biomaterial: A systematic review. *International Journal of Molecular Sciences*. 25(17), 9583. <https://doi.org/10.3390/ijms25179583>.

Pang, K. M., Um, I. W., Kim, Y. K., Woo, J. M., Kim, S. M. & Lee, J. H. (2017). Autogenous demineralized dentin matrix from extracted tooth for the augmentation of alveolar bone defect: a prospective randomized clinical trial in comparison with anorganic bovine bone. *Clinical Oral Implants Research*. 28(7), 809-15. <https://doi.org/10.1111/clr.12877>.

Pereira, A. S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria: Ed. UAB/NTE/UFSM, 2018. <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/15824>.

Redko, N. et al. (2024). Comparative effectiveness of an autologous dentin matrix for alveolar ridge preservation. *Medicina*. 60(8), 1280. <https://doi.org/10.3390/medicina60081280>.

Risemberg, R. I. C., Wakin, M. & Shitsuka, R. (2026). A importância da metodologia científica no desenvolvimento de artigos científicos. *Revista E-Acadêmica*. 7(1), e0171675. <https://doi.org/10.52076/eacad-v7i1.675>. <https://eacademica.org/eacademica/article/view/675>.

Sánchez-Labrador, L. et al. (2020). Autogenous dentin graft in bone defects after lower third molar extraction: a split-mouth clinical trial. *Materials (Basel)*. 13(14), art. 3090. <https://doi.org/10.3390/ma13143090>.

Santos, A., Ramos, C., Machado, F. & Mascarenhas, P. (2021). Autogenous mineralized dentin versus xenograft granules in ridge preservation for delayed implantation in post-extraction sites: a randomized controlled clinical trial with an 18 months follow-up. *Clinical Oral Implants Research*. 32(8), 905-15. <https://doi.org/10.1111/clr.13765>.

Singh, A., Gupta, P. & Sarkar, A. (2023). APDDM mixed with i-PRF as a graft material for bone regeneration: A case report. *National Journal of Maxillofacial Surgery*. 14(3), 504–10. https://doi.org/10.4103/njms.njms_47_22.

Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, Elsevier. 104(C), 333-9. Doi: 10.1016/j.jbusres.2019.07.039.

Sultan, N. et al. (2025). Enhanced bone regeneration using demineralized dentin matrix: A comparative study in alveolar bone repair. *International Dental Journal*. 75, 100817. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2025.03.026>.