


rhBMP-2: PROTEÍNA MORFOGENÉTICA ÓSSEA E SUA APLICAÇÃO NA ODONTOLOGIA E IMPLANTODONTIA

rhBMP-2: BONE MORPHOGENETIC PROTEIN AND ITS APPLICATION IN DENTISTRY AND IMPLANTOLOGY

rhBMP-2: PROTEÍNA MORFOGENÉTICA ÓSEA Y SU APLICACIÓN EN ODONTOLOGÍA E IMPLANTOLOGÍA

 <https://doi.org/10.56238/arev8n5-105>

Data de submissão: 24/04/2026

Data de publicação: 24/05/2026

Ana Carolina Rios Gonçalves

Graduanda em Odontologia

Instituição: Faculdade Independente do Nordeste (FAINOR)

E-mail: rioscarol70@gmail.com

Larissa Rosa Silva Pinto

Graduanda em Odontologia

Instituição: Faculdade Independente do Nordeste (FAINOR)

E-mail: larissarosa937@gmail.com

Letícia Almeida Pires

Graduanda em Odontologia

Instituição: Faculdade Independente do Nordeste (FAINOR)

E-mail: leticiaalmeidapires@hotmail.com

Maria Fernanda Brige Oliveira Costa

Graduanda em Odontologia

Instituição: Faculdade Independente do Nordeste (FAINOR)

E-mail: nandabriges@gmail.com

Karina Sarno Paes Alves Dias

Doutora em Ciências da Saúde

Instituição: Faculdade Independente do Nordeste (FAINOR)

E-mail: karinasarno@fainor.com.br

RESUMO

A reconstituição óssea em regiões bucomaxilofaciais sempre foi um desafio para a Odontologia. Os enxertos autógenos são considerados o padrão-ouro para esse tipo de reconstituição. No entanto, o seu processo de obtenção, frequentemente complexo, aliado à elevada morbidade associada ao procedimento, levou à procura e ao desenvolvimento de novos métodos e materiais de enxertia. Com o avanço da tecnologia e dos estudos moleculares, as BMPs (proteínas morfogénicas ósseas) ganharam destaque em virtude de sua capacidade osteoindutora. Em laboratório, as BMPs são produzidas para serem comercializadas e, hoje em dia, são amplamente utilizadas no âmbito odontológico em procedimentos de enxertia óssea. Seu mecanismo de ação ainda não é totalmente elucidado pela ciência e seu uso ainda apresenta controvérsias, com relação a sua eficácia, limitações e aplicações clínicas. Assim, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão de literatura

acerca das BMPs e sua utilização na Odontologia, a fim de analisar sua aplicabilidade, eficácia, mecanismo de ação e suas possíveis limitações. Trata-se de uma revisão de literatura científica, qualitativa, de cunho descritivo, através de pesquisa bibliográfica explorativa em bancos de dados como PubMed, Google Acadêmico, Lilacs e Scielo. O mecanismo de ação, aplicabilidade, eficácia e limitações no uso das proteínas morfogenéticas ósseas em processos de enxertia foram abordados e explorados a fim de fornecer informações atuais e de suma importância acerca de sua utilização no cotidiano odontológico.

Palavras-chave: Proteína Morfogenética Óssea. Material Biocompatível. Regeneração Óssea.

ABSTRACT

Bone reconstruction in the maxillofacial region has always been a challenge for dentistry. Autogenous grafts are considered the gold standard for this type of reconstruction. However, their often complex procurement process, coupled with the high morbidity associated with the procedure, has led to the search for and development of new grafting methods and materials. With advances in technology and molecular studies, BMPs (bone morphogenetic proteins) have gained prominence due to their osteoinductive capacity. In the laboratory, BMPs are produced for commercialization and are now widely used in dentistry for bone grafting procedures. Their mechanism of action is not yet fully elucidated by science, and their use still presents controversies regarding their efficacy, limitations, and clinical applications. Thus, this study aimed to conduct a literature review on BMPs and their use in dentistry, in order to analyze their applicability, efficacy, mechanism of action, and possible limitations. This is a qualitative, descriptive scientific literature review, conducted through exploratory bibliographic research in databases such as PubMed, Google Scholar, Lilacs, and Scielo. The mechanism of action, applicability, efficacy, and limitations of using bone morphogenetic proteins in grafting processes were addressed and explored in order to provide current and crucial information about their use in daily dental practice.

Keywords: Bone Morphogenetic Protein. Biocompatible Material. Bone Regeneration.

RESUMEN

La reconstrucción ósea en la región maxilofacial siempre ha representado un desafío para la odontología. Los injertos autólogos se consideran el método de referencia para este tipo de reconstrucción. Sin embargo, su proceso de obtención, a menudo complejo, junto con la alta morbilidad asociada al procedimiento, ha impulsado la búsqueda y el desarrollo de nuevos métodos y materiales de injerto. Gracias a los avances tecnológicos y los estudios moleculares, las BMP (proteínas morfogenéticas óseas) han cobrado gran relevancia debido a su capacidad osteoinductiva. En el laboratorio, las BMP se producen para su comercialización y actualmente se utilizan ampliamente en odontología para procedimientos de injerto óseo. Su mecanismo de acción aún no se comprende completamente, y su uso sigue generando controversias en cuanto a su eficacia, limitaciones y aplicaciones clínicas. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo realizar una revisión bibliográfica sobre las BMP y su uso en odontología, con el fin de analizar su aplicabilidad, eficacia, mecanismo de acción y posibles limitaciones. Esta es una revisión cualitativa y descriptiva de la literatura científica, realizada mediante investigación bibliográfica exploratoria en bases de datos como PubMed, Google Scholar, Lilacs y Scielo. Se abordaron y exploraron el mecanismo de acción, la aplicabilidad, la eficacia y las limitaciones del uso de proteínas morfogenéticas óseas en procesos de injerto, con el fin de proporcionar información actualizada y crucial sobre su uso en la práctica odontológica diaria.

Palabras clave: Proteína Morfogenética Óssea. Material Biocompatible. Regeneración Óssea.

1 INTRODUÇÃO

O processo de reconstrução da região maxilomandibular constitui um dos procedimentos mais complexos e desafiadores da Odontologia contemporânea. Segundo Seto et al. (2002), essa dificuldade decorre da necessidade de restabelecer não apenas o contorno ósseo, mas também, de forma crucial, a função oral.

Durante décadas, a reconstrução óssea na região bucomaxilofacial baseou-se predominantemente no uso de enxertos ósseos autógenos, considerados o padrão ouro para tais procedimentos (Gil et al., 2003). Isso se deve, conforme Foster et al. (1999), às propriedades osteogênicas, osteocondutoras e osteoindutoras desses enxertos, que favorecem a formação de novo tecido ósseo. No entanto, como ressaltam Gil et al. (2003), o uso de enxertos autógenos apresenta limitações significativas, tais como morbidade do sítio doador e risco de infecções pós-operatórias.

Avanços nos estudos biomoleculares sobre desenvolvimento e reparação óssea levaram à identificação de um novo grupo de proteínas capaz de induzir neoformação óssea quando implantadas em sítios extraósseos: as proteínas ósseas morfogenéticas (BMPs) (Foster et al., 1999). Com o progresso da engenharia tecidual, essas proteínas passaram a ser produzidas em escala laboratorial e, posteriormente, disponibilizadas comercialmente. Wozney e Rosen (1998) destacam que as BMPs estimulam a formação de novo tecido ósseo, aplicável tanto no tratamento de doenças esqueléticas quanto em reconstruções da região maxilofacial.

Adicionalmente, conforme Foster et al. (1999), as BMPs não se restringem ao tecido ósseo, apresentam potencial de aplicação em outros contextos terapêuticos. Embora a qualidade do tecido ósseo induzido pelas BMPs se aproxime daquela obtida com enxertos autógenos, ainda persistem questionamentos quanto à consistência e uniformidade dos resultados clínicos, como salientado por Gil et al. (2003).

Diante desse panorama, o presente estudo propõe realizar uma revisão de literatura sobre o uso das BMPs na Odontologia, com análise de sua eficácia, mecanismos de ação, limitações e aplicações clínicas.

A escolha do tema **Proteína Morfogenética Óssea (BMP)** para este Trabalho de Conclusão de Curso fundamenta-se na relevância científica e clínica desta molécula no campo da regeneração óssea e da implantodontia. As BMPs, especialmente a BMP-2 e a BMP-7, destacam-se como potentes fatores osteoindutores, capazes de promover a diferenciação de células-tronco mesenquimais em osteoblastos e induzir a neoformação óssea em diferentes contextos clínicos (Ghanbari H, Vakili-Ghartavol, 2016).

Nos últimos anos, a utilização de BMPs recombinantes tem se consolidado como alternativa ou adjuvante às técnicas convencionais de enxertia óssea, com resultados promissores na reabilitação de defeitos ósseos complexos. Além disso, avanços biotecnológicos, como a expressão recombinante e a terapia gênica, ampliam as perspectivas de aplicação clínica desta proteína, o que a coloca como um dos focos mais inovadores na interface entre biologia molecular, engenharia tecidual e odontologia (Chen; Deng; Li, 2012).

A proteína BMP possui resultados interessantes na implantodontia, porém há variação nos desfechos, doses, carreadores e nos relatos de efeitos adversos, o que pode impactar a previsibilidade e dificultar a tomada de decisão clínica.

Justifica-se, portanto, o desenvolvimento de um estudo aprofundado sobre a BMP, visto que sua compreensão contribui não apenas para o conhecimento científico, mas também para a prática clínica, ao fornecer subsídios para a melhoria das terapias regenerativas em implantodontia. Trata-se de um tema atual, com grande potencial de impacto no prognóstico dos tratamentos odontológicos e na qualidade de vida dos pacientes.

1.1 OBJETIVO

Diante deste panorama, o presente trabalho tem como objetivo geral realizar uma revisão de literatura acerca do uso da proteína óssea morfogenética na odontologia, com análise de sua aplicação clínica, eficácia, mecanismos de ação e limitações no processo de regeneração óssea e periodontal.

Para tanto, o estudo propõe-se a examinar criticamente as evidências científicas existentes em áreas como implantodontia e cirurgia oral, comparar a eficácia das BMPs em relação a outras abordagens terapêuticas e identificar as vantagens e potenciais eventos adversos associados ao seu uso. Por fim, busca-se avaliar as perspectivas futuras de investigação e inovação relacionadas ao emprego dessa proteína na prática odontológica contemporânea.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HISTÓRICO E DESCOBERTA DAS BMPS

A história das proteínas morfogenéticas ósseas (BMPs) na Medicina remonta a 1965, quando Marshall Raymond Urist identificou a capacidade de um extrato desmineralizado de osso induzir formação óssea ectópica em tecidos moles (Urist, 1965).

Essa descoberta abriu caminho para a compreensão de que fatores biológicos presentes na matriz óssea poderiam estimular a osteogênese.

Inicialmente, as proteínas foram isoladas em quantidades mínimas, o que tornou necessárias quase duas décadas até sua purificação e caracterização completas (Wang et al., 1988). Apenas nas décadas de 1980 e 1990, com os avanços da biologia molecular, foi possível clonar genes responsáveis pela síntese das BMPs, fato que viabilizou sua produção em larga escala. As isoformas recombinantes rhBMP-2 e rhBMP-7 destacaram-se como as primeiras a apresentar aplicação clínica significativa (Wang et al., 1988).

2.2 ESTRUTURA E ISOFORMAS DAS BMPS

A família das BMPs é composta por mais de 20 proteínas, cada uma com funções distintas. As mais investigadas são a BMP-2 e a BMP-7, também denominadas proteínas osteogênicas-1 (OP-1), ambas com comprovada capacidade osteoindutora, ainda que com diferenças nos mecanismos de ação e indicações clínicas (Wang et al., 1988).

- rhBMP-2: amplamente utilizada em fusões espinhais, defeitos ortopédicos e reconstruções dentárias, devido à sua elevada potência osteogênica.
- rhBMP-7: frequentemente aplicada em casos de não união de fraturas e pseudoartroses, com resultados promissores.

A escolha da isoforma depende do tipo e da extensão do defeito ósseo, do local anatômico e do perfil desejado de liberação do enxerto (Wang et al., 1988).

2.3 APLICAÇÕES PRÉ-CLÍNICAS E CLÍNICAS

Estudos pré-clínicos em modelos animais confirmaram a capacidade das BMPs de induzir formação óssea robusta e previsível, mesmo em defeitos críticos (Cochran, 2000). No campo clínico, a rhBMP-2 demonstrou eficácia na consolidação de fraturas complexas, no tratamento de pseudoartroses e na regeneração de defeitos maxilares (Terajima et al., 2018).

Contudo, a eficácia clínica depende de fatores como concentração e tempo de permanência no sítio de implantação. Concentrações abaixo das terapêuticas resultam em formação óssea inadequada (Cheng et al., 2003), enquanto doses elevadas podem provocar efeitos adversos, a exemplo inflamação, formação óssea ectópica, reabsorção óssea mediada por osteoclastos e adipogênese indesejada (James et al., 2016).

2.4 ENXERTOS ÓSSEOS E BIOMATERIAIS ASSOCIADOS

Na Odontologia, os enxertos ósseos são classificados em quatro tipos: autógenos (do próprio paciente); alógenos (de doadores humanos); xenógenos (de origem animal); sintéticos ou aloplásticos (produzidos em laboratório) (Anjos et al., 2021).

O enxerto autógeno ainda é considerado o padrão ouro devido à sua osteogênese, osteoindução e osteocondução, embora apresente limitações como morbidade no sítio doador (Blokhuys et al., 2013). Por isso, alternativas como enxertos alógenos, xenógenos e biomateriais sintéticos vêm sido objeto de estudo.

Biomateriais como hidroxiapatita e β -fosfato tricálcico oferecem boas propriedades osteocondutivas, mas sua eficácia ainda é inferior ao osso autógeno (Giannoudis, Dinopoulos & Tsiridis, 2005). Para superar tais limitações, esses materiais são frequentemente combinados a fatores de crescimento, como as BMPs (Haugen et al., 2019).

2.5 MECANISMOS DE AÇÃO DAS BMPS

As BMPs promovem o estímulo de células mesenquimais indiferenciadas a se transformarem em osteoblastos secretores. Estudos demonstram que apenas algumas isoformas, especialmente BMP-2, BMP-6 e BMP-9, possuem forte capacidade de induzir diferenciação celular e formação óssea (Smith et al., 2008). Ou seja, as proteínas morfogenéticas ósseas funcionam recrutando células para locais onde será necessária a produção de tecido ósseo, além disso, favorecem a diferenciação dessas células para células mais especializadas, as quais são cruciais para o processo de produção óssea. As BMP-2 e BMP-7, apresentam estruturas moleculares dos membros da família do fator de crescimento transformador beta (TGF- β), a qual se classifica como um conjunto de proteínas sinalizadoras responsáveis por regular funções celulares, como: proliferação, diferenciação e desenvolvimento (Santos et al., 2005). Segundo Caúla et al. (1999), é importante a presença de um carreador ideal, biocompatível que seja reabsorvido conforme vá ocorrendo a formação óssea, para que assim a ação das proteínas morfogenéticas ósseas seja ideal e efetiva, tendo em vista que a ação é satisfatória quando essa proteína é liberada gradualmente, por isso necessita da presença de carreadores, que vão regular a liberação das BMPs no tecido em que se deseja a neoformação óssea.

O processo de ossificação ocorre entre as etapas de diferenciação inicial de cartilagem, formação de osso primário e remodelação até a formação de osso maduro (Kinoshita et al., 1997).

2.6 LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Apesar da eficácia comprovada, a utilização das BMPs enfrenta limitações relacionadas ao alto custo, restrições regulatórias e efeitos adversos associados a altas doses. Além disso, em muitos países, sua disponibilidade clínica é reduzida (Taga et al., 1997).

Ainda assim, sua combinação com biomateriais osteocondutores oferece uma alternativa promissora para reconstruções ósseas complexas em cirurgias bucomaxilofaciais. Espera-se que, com maior acessibilidade e novas pesquisas, as BMPs consolidem seu papel como recurso fundamental na regeneração óssea (Taga et al., 1997).

3 METODOLOGIA

Procedeu-se a uma revisão de literatura científica, qualitativa, de cunho descritivo por meio de uma pesquisa bibliográfica explorativa em bancos de dados como PubMed, Google Acadêmico, Lilacs e Scielo mediante o emprego dos descritores: Proteína Morfogênica Óssea 2; Bone Morphogenetic Protein 2; Biocompatible Materials; Bone Regeneration. A seleção incluiu artigos que foram publicados entre os anos de 1965 a 2021, nos idiomas português e inglês com texto completo.

3.1 TIPO DE ESTUDO

O trabalho apresentado teve como característica um estudo secundário, do tipo narrativo e explorativo, fundamentado na análise crítica da literatura científica disponível.

3.2 AMOSTRA

O perfil da amostra foi formado por um conjunto de artigos científicos originais selecionados em bancos de dados, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos. Foram considerados estudos publicados em português e inglês, disponíveis em texto completo, nos bancos de dados PubMed, Scielo, Google Acadêmico e Lilacs, que abordaram a utilização da Proteína Morfogênica Óssea (BMP-2) na medicina e odontologia, com base na aplicação dos termos-chave isolados ou combinados através dos operadores booleanos “and” e “or”.

3.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS

A análise de dados foi conduzida de forma qualitativa e descritiva, por meio da leitura crítica de artigos científicos selecionados a partir dos critérios de inclusão e exclusão determinados. Os dados coletados foram organizados conforme os principais aspectos destacados na literatura pertinente, com

ênfase na evolução histórica das BMPs, evidências científicas da sua eficácia, comparação entre as proteínas e sua relação com outros tipos de terapias convencionais com biomateriais.

3.4 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

Não se aplica.

3.5 LIMITAÇÕES DE ESTUDO

Este estudo apresenta limitações inerentes ao delineamento qualitativo, especialmente quanto à ausência de protocolo sistematizado de busca e avaliação crítica dos estudos incluídos. Além disso, a restrição às bases de dados selecionadas, aos idiomas adotados e à disponibilidade de textos completos interferiram na abrangência da amostra.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da literatura selecionada evidenciou que as proteínas morfogenéticas ósseas (BMPs), em especial a rhBMP-2, apresentam elevado potencial osteoindutor, sendo capazes de promover a produção e neoformação óssea, mesmo em defeitos ósseos mais extensos, por meio da diferenciação de células-tronco mesenquimais em osteoblastos (células produtoras de osso), o que estimula diretamente a produção óssea. Ou seja, o uso dessas proteínas é eficaz em diversas áreas da Odontologia, principalmente nas áreas de implantodontia e cirurgia bucomaxilofacial.

As BMPs auxiliam na redução de morbidade em processos cirúrgicos e pós cirúrgicos, tendo em vista que quando combinadas com enxertos derivados de outras espécies, os enxertos osteocondutores, os quais servem como arcabouço para produção óssea, aumentam a sua eficácia, o que eleva a neoformação óssea, sendo assim o uso de enxertos autógenos pode ser evitado, já que nesse tipo de enxertia é necessário a retirada de osso de um sítio doador do próprio paciente, o que gera mais de um sítio cirúrgico, uma maior morbidade e uma recuperação mais demorada.

Foi observado também que, a eficácia das BMPs está diretamente relacionada a fatores como a dose empregada, tipo de carreador utilizado e tempo de liberação das proteínas no sítio cirúrgico, ou seja, doses inadequadas, tempo e carreadores inadequados interferem diretamente na neoformação óssea, em casos de doses elevadas, efeitos adversos podem aparecer, como reação inflamatória, formação óssea ectópica ou até mesmo reabsorção óssea. Ou seja, esses cenários evidenciam a necessidade de protocolos clínicos bem estabelecidos para que os resultados terapêuticos sejam otimizados.

Apesar dos resultados promissores, ainda existem limitações importantes no uso das proteínas morfogenéticas ósseas, como seu custo elevado, a variabilidade nos resultados clínicos e a existência de efeitos adversos. Esses pontos dificultam a ampla aplicabilidade na rotina clínica e evidenciam a necessidade de mais avanços científicos e padronização de protocolos.

Além disso, novos estudos clínicos controlados e de longo prazo precisam ser desenvolvidos, pois é notável a falta de estudos e pesquisas científicas suficientes a respeito das BMPs. Através de novos estudos, diretrizes mais precisas quanto à dosagem, tipo de carreador mais efetivo e indicações mais específicas podem ser desenvolvidas, o que aumentará a previsibilidade dos tratamentos e proporcionará mais segurança na prática odontológica.

5 CONCLUSÃO

A presente revisão bibliográfica permitiu uma sintetização sobre o papel fundamental das Proteínas Morfogenéticas Ósseas (BMPs) como agentes indutores de neoformação óssea dentro da odontologia moderna. Os achados obtidos demonstram que a utilização dessas proteínas, especialmente a rhBMP-2, corresponde a uma alternativa viável e eficaz aos enxertos autógenos, reduzindo a morbidade do paciente e otimizando o tempo de cicatrização dos procedimentos cirúrgicos (como, por exemplo, cirurgias de levantamento de seio maxilar e preservação de alvéolo). Desta maneira, os objetivos propostos por esta revisão foram alcançados ao evidenciar que, embora o custo ainda seja um fator limitante a ser considerado, as taxas de sucesso na osseointegração de implantes em áreas tratadas com BMP são comparáveis aos métodos tradicionais. Conclui-se que, a aplicação de BMP na Implantodontia representa um avanço significativo para a regeneração tecidual, oferecendo maior previsibilidade técnica e segurança biológica. Para pesquisas futuras, o ideal seria a realização de repetidos estudos dentro de um determinado período de tempo para análise de mudanças / evoluções. Assim, seria possível estabelecer protocolos de dosagem mais precisos e acessíveis à prática odontológica rotineira.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, prioritariamente, a Deus pelo amor incondicional que Ele nos proporcionou em todos os dias de nossas vidas. O cuidado Dele para conosco nos direcionou para esta profissão que nos arrebatou por completo e, agora, faz parte de nós. Somos gratas pelo amparo que nos foi dado em todos os dias desses últimos 5 anos e por Ele ter nos unido nessa trajetória que jamais esqueceremos. Aos nossos pais, pelo amor desmedido que tem por nós, pelo incentivo constante e apoio diário.

Agradecemos pelos imensos sacrifícios feitos para que nós pudéssemos realizar o nosso sonho de cursar Odontologia e também, para que conseguíssemos materializar todos os outros sonhos que tivemos desde os nossos primeiros dias de vida até aqui. Vocês nos completam e trazem sentido para os nossos esforços.

À nossa orientadora, Prof. Dra. Karina Sarno Paes Alves Dias, por ter nos abraçado e acolhido desde o primeiro contato estabelecido. Todo o conhecimento que foi compartilhado, toda a dedicação e compromisso com o nosso trabalho, trouxe forma e sentido para esta pesquisa. Através dos seus ensinamentos, pudemos amadurecer o nosso material e nossa persona profissional.

Aos educadores da instituição FAINOR, que colaboraram para a nossa formação ética e profissional, despertando em nós o interesse pela ciência. Foi através destes profissionais que despertamos o amor pela Odontologia real (e não romantizada) e, acima de tudo, através deles conseguimos desenvolver compromisso com a excelência no cuidado com o paciente.

Por fim, agradecemos uma a outra por nos escolhermos diariamente dentro e fora de sala de aula. A união que estabelecemos ao longo da graduação e construção deste trabalho, moldou cada uma de nós como profissionais, colegas de profissão e como grandes companheiras na vida. A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte do caminho acadêmico que trilhamos, o nosso mais puro e genuíno muito obrigada.

REFERÊNCIAS

- ANJOS, L. M. dos et al. Enxertos ósseos em odontologia – uma revisão integrativa da literatura. *Research, Society and Development*, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 12, e522101220954, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i12.20954. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/20954>. Acesso em: 4 nov. 2025.
- BISPO, L. B. O uso da proteína recombinante no aumento ósseo em Implantodontia. *Revista Brasileira de Odontologia*, Rio de Janeiro, v. 72, n. 1/2, p. 30-36, jan./jun. 2015.
- BLOKHUIS, T. J. et al. Platelet-rich plasma: a waste of time or a useful tool? *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, Hagerstown, MD, v. 74, n. 4, p. 1152-1162, abr. 2013.
- CAÚLA, A. L.; MACHADO, F.; BARBOZA, E. O potencial da proteína óssea morfogenética humana recombinante-2 (rhBMP-2) na regeneração óssea. *Revista Brasileira de Odontologia*, Rio de Janeiro, v. 56, n. 4, p. 185-191, jul./ago. 1999.
- CHEN, G.; DENG, C.; LI, Y. TGF- β and BMP signaling in osteoblast differentiation and bone formation. *International Journal of Biological Sciences*, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 272-288, Jan. 2012. Disponível em: <https://www.ijbs.com/v08p0272.htm>. Acesso em: 7 mai. 2026.
- CHENG, H. H. et al. Osteogenic activity of the fourteen types of human bone morphogenetic proteins (BMPs). *The Journal of Bone and Joint Surgery*, [S. l.], v. 85, n. 8, p. 1544-1552, Aug. 2003.
- COCHRAN, D. L. et al. Evaluation of recombinant human bone morphogenetic protein-2 in oral applications including the use of endosseous implants: 3-year results of a pilot study in humans. *Journal of Periodontology*, [S. l.], v. 71, n. 8, p. 1241-1257, Aug. 2000.
- DENG, L.; SAINATH, T. N.; KINGSBURY, B. Deep Neural Networks for Acoustic Modeling in Speech Recognition. *IEEE Signal Processing Magazine*, [S. l.], v. 29, n. 6, p. 82-96, nov. 2012.
- FOSTER, R. D. et al. Vascularized bone flaps versus nonvascularized bone grafts for mandibular reconstruction: An outcome analysis of primary bony union and endosseous implant success. *Head Neck*, v. 21, p. 66, 1999.
- GHANBARI, H.; VAKILI-GHARTAVOL, R. Bone Regeneration: Current Status and Future Prospects. In: *Bone Regeneration*. [S. l.]: IntechOpen, 2016. cap. 1.
- GIANNOUDIS, P. V.; DINOPOULOS, H.; TSIRIDIS, E. Bone substitutes: an update. *Injury*, [s. l.], v. 36, supl. 3, p. S20-S27, dez. 2005.
- GIL, J. N. et al. Proteínas morfogenéticas ósseas (BMPs): revisão de literatura. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, Maringá, v. 8, n. 4, p. 81-89, jul./ago. 2003.
- GONÇALVES, E. A. L.; GUIMARÃES, S. A. C.; GARCIA, R. B. Proteínas morfogenéticas ósseas: terapêutica molecular no processo de reparo tecidual. *Revista de Odontologia da Universidade de São Paulo*, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 299-304, jul./set. 1998.

HAUGEN, H. J. et al. Bone grafts: which is the ideal biomaterial?. *Journal of Clinical Periodontology*, [s. l.], v. 46, n. S21, p. 92-102, jan. 2019.

JAMES, A. W. et al. A Review of the Clinical Side Effects of Bone Morphogenetic Protein-2. *Journal of Orthopaedic Research*, Hoboken, NJ, v. 34, n. 7, p. 1097-1102, jul. 2016.

KINOSHITA, A. et al. Periodontal regeneration by application of recombinant human bone morphogenetic protein-2 to horizontal circumferential defects created by experimental periodontitis in beagle dogs. *Journal of Periodontology*, [S. l.], v. 68, n. 2, p. 103-109, Feb. 1997.

MOREIRA, A. A. Utilização clínica das Proteínas Ósseas Morfogênicas em cirurgia buco-maxilo-facial no Brasil. 2004. 77 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia, Área de Concentração: Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais) – Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

OCHOA, J. D. Z. Terra arrasada e acumulação por preservação da natureza: Um estudo sobre a modernização capitalista do espaço e o desenvolvimento desigual no Darién-Urabá, Colômbia. 2023. 198 f. Tese (Doutorado em [Programa de Pós-graduação]) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2023.

RODRIGUES, T. D. O uso da rhBMP-2 na implantodontia: revisão de literatura. 2015. 51 f. Monografia (Especialização em Implantodontia) – Instituto Latino Americano de Pesquisa e Ensino Odontológico, Curitiba, 2015. Disponível em: <https://www.ilapeo.com.br/wp-content/uploads/2020/11/Thiago-Daniel-Rodrigues.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2025.

SANTOS, A. A. et al. O papel da proteína morfogenética óssea na reparação do tecido ósseo. *Acta Ortopédica Brasileira*, São Paulo, v. 13, n. 4, p. 194-195, 2005. DOI: 10.1590/S141378522005000400009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aob/a/KBChVQfLTHgr6kNjN5PP6tH/>. Acesso em: 4 nov. 2025.

SETO, I. et al. Restoration occlusal function using osseointegrated implants in the canine mandible reconstructed by rhBMP-2. *Clinical Oral Implants Research*, v. 13, p. 536, 2002.

SMITH, D. M. et al. Bone morphogenetic protein 2 therapy for craniofacial surgery. *The Journal of Craniofacial Surgery*, [S. l.], v. 19, n. 5, p. 1244-1259, Sept. 2008.

TAGA, R.; CESTARI, T. M.; SILVA, T. L.; STIPP, A. C. M. Reparo de defeitos ósseos perene em crânio de cobaia pela aplicação de Ossebond. *Revista Brasileira de Implantodontia*, [S. l.], v. 13, p. 13-20, 1997.

TERAJIMA, M. et al. Reconstruction of Complex Maxillary Defects Using Patient-specific 3D-printed Scaffolds Combined with Recombinant Human Bone Morphogenetic Protein-2. *Journal of Clinical Medicine*, Basel, v. 7, n. 11, p. 436, nov. 2018.

URIST, M. R. Bone: formation by autoinduction. *Science*. v. 150, p. 893, 1965.

WANG, E. A. et al: Recombinant human bone morphogenetic protein induces bone formation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. v. 87, p. 2220, 1990.

WOZNEY, J.; ROSEN, V. Bone morphogenetic protein and bone morphogenetic protein gene family in bone formation and repair. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, v. 346, p. 26, 1998.

ZORZI, A. R.; MIRANDA, J. B. (Ed.). *Advanced Techniques in Bone Regeneration*. London: IntechOpen, 2016.