

INFLUÊNCIA DOS ENXERTOS ÓSSEOS SOBRE A OSSEOINTEGRAÇÃO DE IMPLANTES DENTÁRIOS

INFLUENCE OF BONE GRAFTS ON THE OSSEOINTEGRATION OF DENTAL IMPLANTS

Bernardo de Moraes Alves¹; Walmir Junio de Pinho Reis Rodrigues²

Descritores: Enxerto Ósseo; Enxerto de Osso Alveolar; Implante Dentário; Osseointegração.

Keyword: Bone Transplantation; Alveolar Bone Grafting; Dental Implants; Osseointegration.

RESUMO

Neste trabalho, analisou-se a influência de diferentes tipos de enxertos ósseos na osseointegração de implantes dentários, destacando as propriedades biológicas, osteogênicas, osteoindutoras e osteocondutoras dos enxertos autógenos, alógenos, xenógenos e sintéticos. A literatura externa considera o enxerto autógeno como padrão-ouro devido às suas propriedades superiores de biocompatibilidade e osteogenicidade que permitem resultados superiores na regeneração e manutenção óssea periimplantar. No entanto, enxertos alógenos e xenogênicos e muitos enxertos ósseos sintéticos têm demonstrado ser eficazes na reparação óssea, principalmente quando combinados com membranas reabsorvíveis ou não reabsorvíveis. Estudos comparativos revelam que, embora os enxertos autógenos sejam superiores em termos de osseointegração e manutenção óssea, eles são uma opção limitada devido à disponibilidade limitada de quantidade adequada de osso do enxerto ou contraindicações clínicas. Nestes cenários, enxertos xenogênicos ou sintéticos podem ser opções adequadas, uma vez que demonstraram resultados satisfatórios na reparação óssea. Em suma, a escolha do biomaterial mais apropriado depende do tipo de enxerto necessário, das condições clínicas do paciente e da disponibilidade de osso. Em qualquer caso, é essencial escolher um enxerto adequado para garantir o sucesso de uma restauração implantada. Como o uso de uma membrana pode aumentar a previsibilidade do enxerto ósseo, é preciso que as opções de enxerto autógeno, xenogênico ou sintético sejam consideradas ainda mais quando a amostra de enxerto autógeno disponível é insuficiente.

ABSTRACT

In this study, the influence of different types of bone grafts on the osseointegration of dental implants was analyzed, highlighting the biological, osteogenic, osteoinductive, and osteoconductive properties of autogenous, allogeneic, xenogeneic, and synthetic grafts. External literature considers autogenous grafts as the gold standard due to their superior biocompatibility and osteogenic properties, which enable better outcomes in peri-implant bone regeneration and maintenance. However, allogeneic, xenogeneic, and many synthetic bone grafts have proven effective in bone repair, especially when combined with resorbable or non-resorbable membranes. Comparative studies reveal that, while autogenous grafts are superior in terms of osseointegration and bone maintenance, they are a limited option due to the restricted availability of adequate graft bone or clinical contraindications. In such cases, xenogeneic or synthetic grafts may be suitable alternatives, as they have shown satisfactory results in bone repair. In summary, the choice of the most appropriate biomaterial depends on the type of graft required, the patient's clinical conditions, and the availability of bone. In any case, it is essential to choose an adequate graft to ensure the success of an implant restoration. Since the use of a membrane can increase the predictability of the bone graft, autogenous, xenogeneic, or synthetic graft options should be further considered when the available sample of autogenous graft is insufficient.

1 Acadêmico do 10º período do Curso de Graduação em Odontologia do UNIFESO – 2024.

2 Professor Mestre - Docente do Curso de Graduação em Odontologia do UNIFESO.

INTRODUÇÃO

A ausência parcial ou total dos órgãos dentais pode gerar perda da função, mas também ocasionar transtornos sociais e psicológicos. A evolução da medicina e da odontologia, sobretudo relativos aos biomateriais e medicamentos, que promovem um aumento da expectativa de vida, tem proporcionado a evolução de técnicas que permitem uma melhor qualidade de vida para o paciente (Sulzer *et al.*, 2022).

Dessa forma, a utilização de implantes dentários concebe uma possibilidade de reabilitação de órgãos dentais ausentes. Entretanto, um conjunto de fatores associados pode inviabilizar e desencaminhar o implante dentário corroborando com o insucesso da reabilitação oral, isto é, embora as vantagens garantidas dos implantes, complicações biológicas e mecânicas podem surgir, gerando um comprometimento da reabilitação (Gomes *et al.*, 2023).

Na atualidade, em específico na implantodontia são empregados enxertos ósseos como materiais biocompatíveis para reparação de defeitos ósseos, com o intuito de alcançar a neoformação óssea. Os enxertos são classificados em quatro tipos: enxerto autógeno retirado e transplantado do mesmo paciente; enxerto alógeno, retirado de um paciente e enxertado em outro da mesma espécie; enxerto xenógeno, que é o transplante ósseo entre indivíduos de diferentes espécies; e enxertos aloplásticos ou sintéticos que são produzidos em laboratório a partir de materiais bioinertes ou biocompatíveis, como cerâmicas (hidroxiapatita, fosfato de cálcio), polímeros ou compósitos. Entre os quatro tipos de enxertos, o autógeno é classificado como o “padrão ouro” porque possui características antigênicas, angiogênicas, osteogênicas, osteoindutoras e osteocondutoras (Silva *et al.*, 2021).

Para a regeneração óssea é fundamental um amparo sanguíneo adequado, a partir do período de resposta inflamatória até o momento de reabsorção e remodelação óssea. Ademais, é fundamental garantir que haja estabilidade mecânica efetiva e que a extensão do sítio lesionado seja compatível. Quando imerso em meios biológicos, os biomateriais demandam manifestar propriedades que apresentem afinidade com os tecidos do hospedeiro, de forma que beneficie o tratamento. Dessa forma, ocorre a urgência de atenção no que tange ao uso e a capacidade biológica, estimulativa e proliferativa dos diferentes tipos de materiais no mercado (Gomes *et al.*, 2023).

Portanto, considerando a diversidade de biomateriais disponíveis e o efeito dos enxertos ósseos na osseointegração convém discutir a influência dos enxertos ósseos sobre a osseointegração de implantes dentários, visando analisar como esses materiais afetam a eficácia dos implantes dentários.

OBJETIVOS

Objetivo primário

Descrever, por meio de uma revisão de literatura, a influência de enxertos ósseos sobre a osseointegração de implantes dentários, avaliando como esses procedimentos afetam a formação e estabilidade óssea em torno dos implantes.

Objetivos secundários

- Descrever as propriedades biológicas, osteogênicas, osteoindutoras e osteocondutoras dos diferentes tipos de enxertos ósseos e sua atuação na formação de tecido ósseo.
- Aferir a eficácia dos enxertos ósseos autógenos, alógenos, xenógenos e sintéticos no estímulo à osseointegração de implantes dentários.
- Comparar os resultados obtidos por diferentes biomateriais empregados em enxertos ósseos com relação à afinidade com os tecidos e sua influência na osseointegração.

REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Gomes *et al.* (2023) o emprego de implantes dentários para a reabilitação oral de pacientes edêntulos mostra-se a cada dia como tratamento abrangente e é indicado para vários casos clínicos com taxas de êxito em intervenções de reabilitação oral.

Pinotti *et al.* (2018) declaram que as condições locais do hospedeiro, em específico, a falta de tecido ósseo de suporte, podem afetar a instalação e na prosperidade do implante, assim, na maioria das vezes o uso de enxertos ósseos tem sido utilizado como uma alternativa para aumentar a quantidade óssea e permitir a instalação de implantes.

Alves *et al.* (2021) destaca que a osseointegração é caracterizada por uma união contínua entre o osso e o implante sem a mediação de camadas de tecido mole. Entretanto, essa junção pode não ocorrer de maneira plena, promovendo dificuldades de identificação do nível de contato direto entre implante com osso suficiente para considerá-lo osseointegrado. Assim, tem-se que a osseointegração está fundamentada pela estabilidade clínica e não apenas por critérios histológicos.

Biomateriais são substâncias ou associação de substâncias de origem sintética ou natural usadas com o intuito de ampliar ou repor de maneira plena ou parcial tecidos e órgãos. Na odontologia, os enxertos ósseos são os biomateriais mais aplicados tendo o papel de promover o preenchimento de células e o desenvolvimento de tecidos no sítio comprometido. Os biomateriais demonstram três propriedades, a osteogênese, a osteoindução e a osteocondução. A osteogênese está atrelada aos enxertos orgânicos que possuem o potencial de promover o desenvolvimento de osso diretamente a partir de osteoblastos, portanto, são enxertos que possuem em sua composição os osteoblastos que são células de formação óssea. A osteoindução é a capacidade que um biomaterial possui de impulsionar a diferenciação de células mesenquimais, ou células indiferenciadas em osteoblastos ou condroblastos, ampliando a formação óssea do local ou até estimular a formação de osso em área heterotópica. Por fim, a osteocondução, geralmente associada a enxertos do tipo inorgânico, é a competência que o material permite a aposição de um novo tecido ósseo na sua superfície, exigindo a existência de tecido ósseo pré-existente como matriz de células osteoprogenitoras (Anjos *et al.*, 2021).

Zhong *et al.* (2006) num estudo experimental, extraíram bilateralmente os pré-molares inferiores de quatro cães. Após 12 semanas de cicatrização foram realizadas radiografias para confirmar a ausência de raízes remanescentes. No segundo estágio da pesquisa, implantes de titânio foram inseridos nas cristas alveolares edêntulas. Defeitos ósseos de três paredes foram realizados e preenchidos com diferentes tipos de enxertos: autógenos, enxerto xenógeno derivado de osso bovino Bio-oss®, e uma mistura de ambos. Os sítios operados foram cobertos com membranas de titânio ou deixadas expostas como grupo controle. Após o sacrifício dos cães, na análise histológica foi observado que todos os grupos apresentaram osseointegração sem sinais de inflamação. Observou-se que os enxertos ósseos podem manter ou aumentar de forma significativa o volume ósseo ao redor dos implantes, com a mistura de osso autógeno e Bio-oss® demonstrando um efeito superior na regeneração óssea.

Quiroz *et al.* (2022) separaram vinte e oito ratos com 12 semanas de idade em dois grupos: um com implantes instalados em osso nativo (NB) e outro com implantes em áreas enxertadas com Osso Bovino Desproteinizado (DBB). Para o grupo DBB, um defeito ósseo foi criado e enxertado com DBB 60 dias antes da colocação do implante. Após anestesia, uma incisão foi feita sobre a tuberosidade tibial e o defeito ósseo foi preenchido com DBB. 60 dias depois, implantes foram colocados tanto nas áreas NB quanto DBB, utilizando protocolos cirúrgicos padronizados e semelhantes para ambos os grupos. Os animais foram eutanasiados em diferentes períodos (15 e 45 dias) para análise. A avaliação biomecânica mostrou que o torque de remoção dos implantes foi maior em osso nativo comparado ao DBB, com um aumento significativo ao longo do tempo. A análise microtomográfica revelou maior volume de tecido mineralizado ao redor dos implantes em osso nativo.

Histomorfometricamente, os implantes em osso nativo apresentaram maior contato osso-implante e área óssea entre as voltas do implante, indicando melhor osseointegração em comparação com os implantes em áreas enxertadas com DBB.

Munhoz *et al.* (2011) avaliaram a resposta dos enxertos ósseos inorgânicos bovinos na osseointegração de implantes dentários em coelhos da raça nova zelândia. Um total de 16 coelhos machos foram submetidos a extração dos incisivos inferiores e a criação de defeitos ósseos preenchidos com enxerto ou deixados com coágulo sanguíneo como controle. Após oito semanas, implantes de titânio foram inseridos nas áreas tratadas, e metade dos animais foi sacrificada após 2 meses e a outra metade após 6 meses para avaliação. Os testes de torque foram realizados para medir a resistência do implante à remoção, e análises histológicas e histomorfométricas foram conduzidas para avaliar o contato osso implante e a massa óssea nas proximidades do implante. Os resultados revelaram que não houve diferenças estáticas significativas nos valores ou torque entre os grupos experimental e controle, indicando que o enxerto inorgânico bovino não afetou adversamente as características biomecânicas e microscópicas do osso formado. A análise microscópica mostrou que a qualidade do osso e a quantidade de células osteogênicas próximas a superfície do implante foram semelhantes entre os períodos de 2 e 6 meses, e as partículas do enxerto estavam em contato direto com o osso sem presença de tecido conjuntivo circundante.

Berberi *et al.* (2023) determinaram as características físico-químicas de quatorze substitutos ósseos de diferentes origens: humana (aloenxertos), bovina (xenoenxertos) e sintética, comparando-os ao osso autógeno. As amostras foram analisadas quanto à concentração de íons de cálcio, tamanho das partículas e cristalinidade utilizando Espectroscopia de Absorção Atômica (AAS), Difração a Laser e Difração de Raios-X. Os resultados indicaram variações significativas entre os diferentes materiais. Por exemplo, os xenoenxertos derivados de osso bovino como OCS-B® e Cerabone® apresentaram menor liberação de cálcio comparado ao enxerto xenógeno BioOss®, enquanto materiais sintéticos como Osteo II® mostraram alta concentração de cálcio. Em termos de tamanho de partículas, o enxerto sintético Ingenios β -TCP® teve o menor tamanho mediano, enquanto o enxerto xenógeno OsteoSponge® apresentou o maior. Diferenças na cristalinidade também foram observadas, com fases cristalinas comuns como o hidróxido de fosfato de silicato de cálcio presentes em vários materiais, enquanto outros apresentaram composições distintas. Conclui-se que os substitutos ósseos comerciais diferem significativamente do osso autógeno em termos de concentração de cálcio, tamanho das partículas e cristalinidade, influenciando suas aplicações clínicas e desempenho.

Oliveira *et al.* (2022) comparou a osseointegração de implantes dentários em áreas enxertadas com diferentes biomateriais osteocondutivos em 28 ratos, divididos em dois grupos: um com osso bovino desproteínizado (DBB) e outro com beta-fosfato tricálcico/hidroxiapatita. Após a criação de defeitos ósseos e preenchimento com os biomateriais, implantes de superfície usinada foram inseridos. Avaliações biomecânicas, microtomográficas e histomorfométricas foram realizadas após 15 e 45 dias. Os resultados mostraram que os implantes em áreas enxertadas com osso bovino desproteínizado apresentaram maior estabilidade, volume de tecidos mineralizados e grau de osseointegração em comparação aos com beta-fosfato tricálcico/hidroxiapatita. Foi observado no estudo que os implantes em áreas com DBB têm um padrão de osseointegração superior, sugerindo a eficácia deste biomaterial.

Kang *et al.* (2023) fizeram o uso de 11 cães da raça beagle para avaliar o desempenho de diferentes substitutos ósseos em comparação ao osso autógeno em defeitos ósseos mandibulares criados cirurgicamente. Os enxertos ósseos testados foram os xenógenos Bio-Oss®, Bio-Oss/Collagen®, os sintéticos Apaceram-AX®, e Refit®. Os cachorros foram submetidos a extrações dentárias seguidas de implantes dentários, com os defeitos ósseos preenchidos pelos diferentes materiais. Após 3 e 6 meses, análises radiográficas e histológicas foram realizadas para medir a formação de novo osso e o contato entre osso e implante. Os resultados revelaram que o Refit® apresentou um comportamento semelhante ao osso autógeno, com rápida formação óssea e reabsorção do material,

enquanto os demais substitutos, especialmente o Apaceram-AX®, demonstraram uma absorção mais lenta e uma maior presença de material residual. Histomorfometricamente o Refit® também demonstrou a maior ocupação de osso mineralizado após 3 meses, embora não tenham sido observadas diferenças significativas na formação óssea entre os grupos aos 6 meses. Esses achados sugerem que a escolha do material de enxerto pode influenciar de forma considerável a taxa de regeneração óssea e a osseointegração de implantes dentários.

Jo *et al.* (2018) coletaram amostras de tecidos de 27 pacientes que passaram pela instalação de implantes dentários com regeneração óssea guiada. As amostras foram divididas em três grupos: aloenxerto combinado com xenoenxerto, xenoenxerto isolado, e enxerto ósseo de dente autógeno. O material de enxerto foi aplicado e, após um período de observação de 9 meses e 17 dias para o primeiro grupo, 2 meses e 15 dias para o segundo e 3 meses e 11 dias para o terceiro, as amostras foram submetidas a análise histomorfométrica. As análises envolveram a medição da área total do osso (TB), da área total (T), e da proporção da área de formação de novo osso em relação à área total (TB/T). Os resultados revelaram que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os três grupos em termos de TB, T, e TB/T. Além disso, a análise da estrutura em nano escala dos materiais de enxerto, utilizando microscopia eletrônica de varredura, mostrou que os diferentes tipos de enxerto exibiam variações distintas em suas superfícies e padrões estruturais, com o osso cortical autógeno mostrando padrões compactos, enquanto o enxerto autógeno AutoBT® e o enxerto xenógeno Bio-Oss® apresentaram características morfológicas específicas em diferentes partes do material. No geral, todos os enxertos resultaram em um novo osso maduro ao redor dos implantes, sem sinais de inflamação ou complicações nos sítios cirúrgicos.

A análise de Gholami *et al.* (2023) utilizaram treze cães para investigar a influência de diferentes materiais de enxerto ósseo (autógeno, xenógeno e sintético) na osseointegração de implantes dentários. Os animais foram divididos em três grupos, conforme o tempo de eutanásia (2, 4 e 6 meses). Durante a cirurgia, os defeitos ósseos foram criados no esterno dos cães, onde os implantes foram instalados e os diferentes materiais de enxerto foram aplicados. Para análise, o esterno foi coletado e submetido a microtomografia computadorizada com o intuito de avaliar a área e o volume ósseo e enxerto ao redor dos implantes. Os resultados indicaram que, aos 6 meses, os enxertos autógenos apresentaram superioridade significativa em relação a área e volume ósseo ao redor dos implantes quando comparados aos enxertos xenógenos e sintéticos, embora não tenha havido diferenças estatisticamente significativas nos períodos de 2 e 4 meses. Isso indica que, apesar dos enxertos autógenos favorecerem uma melhor regeneração óssea a longo prazo, os enxertos xenógenos e sintéticos também podem ser considerados alternativas viáveis em procedimentos com implantes dentários em defeitos ósseos extensos.

Rokn *et al.* (2011) avaliaram os efeitos de diferentes materiais aloplásticos sobre a regeneração óssea em um modelo de defeito na calvária em coelhos. Os materiais testados incluíram a cerâmica óssea de tamanho grande (L-SBC) e de tamanho pequeno (S-SBC), compostas por uma combinação de beta-tricálcio fosfato (beta-TCP) e hidroxiapatita em proporções de 40% e 60%, respectivamente. As partículas de L-SBC tinham tamanho entre 500 a 1000 µm, enquanto as de S-SBC variam de 400 a 700 µm. Um grupo controle, sem preenchimento dos defeitos, também foi incluído para comparação. O experimento foi realizado em 13 coelhos, cujos defeitos na calvária foram preenchidos aleatoriamente com um dos materiais ou deixados sem preenchimento. Após períodos de 4 e 8 semanas, os animais foram sacrificados para análise histológica das amostras. Foi observado nos resultados que a intensidade da inflamação variou entre os grupos, com menor inflamação observado no grupo controle, seguido pelos grupos de enxerto xenógeno Bio-Oss®, S-SBC e L-SBC. A presença de células gigantes multinucleadas foi maior nos grupos enxertados em comparação ao grupo controle. Em termos de regeneração óssea, o grupo Bio-Oss® apresentou a maior quantidade de osso novo. O grupo controle apresentou a segunda maior quantidade de formação óssea, seguido pelos grupos L-SBC e S-SBC. Após 8 semanas, houve um aumento significativo na quantidade de osso regenerado no grupo Bio-Oss®. Con-

cluiu-se que, apesar do Straumann Bone Ceramic ter gerado menos osso novo em comparação ao Bio-Oss® e ao grupo controle, as diferenças na formação óssea não foram estatisticamente significativas.

Lima *et al.* (2018) em seu trabalho utilizou 28 ratos divididos em dois grupos para avaliar a influência do enxerto ósseo com hidroxiapatita e fosfato de tricálcio (HA/TCP) na osseointegração de implantes dentários. O primeiro grupo teve defeitos ósseos preenchidos com cerâmica bifásica de HA/TCP, enquanto o segundo grupo teve os implantes colocados diretamente no osso nativo da tíbia. Após um período de cicatrização de 60 dias, os implantes foram instalados nos sítios enxertados, e a osseointegração foi avaliada após 15 a 45 dias. Os resultados demonstraram que os implantes colocados em áreas enxertadas com HA/TCP apresentaram menor estabilidade secundária, volume ósseo ao redor dos implantes e porcentagens de contato osso-implante e de tecido ósseo entre as voltas do implante em comparação com os implantes colocados em osso nativo. Essas descobertas sugerem que o uso de HA/TCP como enxerto pode comprometer a osseointegração em relação ao osso nativo.

Guerra *et al.* (2011) dividiu 16 coelhos em quatro grupos de tratamento com diferentes modalidades de enxerto ósseo: 1 enxerto ósseo desmineralizado, 2 enxerto ósseo desmineralizado associado ao plasma rico em fatores de crescimento (PRGF), 3 enxerto ósseo desmineralizado associado a uma membrana de colágeno, e 4 sem tratamento (grupo controle). Defeitos ósseos padronizados foram criados cirurgicamente nos fêmures dos coelhos para simular condições de osso com densidade D3 e D4, e 32 implantes de titânio foram instalados, com quatro espiras expostas no leito do implante. Os grupos de tratamento receberam diferentes abordagens de enxerto, enquanto o grupo controle não recebeu nenhum enxerto. Após os períodos de cicatrização de 4 e 8 semanas, os animais foram sacrificados e as amostras ósseas foram submetidas a análises histológicas e histométricas. Os resultados mostraram que todos os grupos apresentaram osseointegração, com diferenças na formação e maturação do tecido ósseo. O grupo tratado com enxerto ósseo desmineralizado associado a membrana de colágeno apresentou os melhores resultados, com maior quantidade de osso recém-formado e maior contato osso-implante. Em contraste, o grupo controle mostrou a menor taxa de regeneração óssea, evidenciando a importância do uso de enxertos ósseos no processo de osseointegração.

Foram utilizados dez cães sem raça definida, sendo submetidos a extração dos pré-molares inferiores e primeiro molares, seguida de um período de cicatrização de 3 meses. Defeitos ósseos de 5mm de profundidade por 9,525mm de largura foram criados na crista alveolar e implantados com parafusos de titânio de 3,75 x 10 mm ou implantes revestidos de hidroxiapatita de 3,3 x 10mm, em um arranjo sorteado entre os lados esquerdo e direito da mandíbula. Após a instalação dos implantes, os defeitos ao redor dos implantes foram tratados com aloenxerto desmineralizado liofilizado de osso e membrana de politetrafluoretileno expandido (ePTFE), somente com ePTFE, ou deixados sem tratamento (grupo controle). Foi observado clinicamente que nenhum dos 20 sítios tratados com aloenxerto desmineralizado liofilizado de osso e membrana de politetrafluoretileno expandido apresentou complicações, enquanto 3 dos 20 sítios tratados com apenas ePTFE tiveram exposição da membrana. Nos sítios de controle, 6 implantes fenestraram através da mucosa durante o período de cicatrização. A análise radiográfica CADIA mostrou que os sítios tratados com aloenxerto desmineralizado liofilizado de osso e membrana de politetrafluoretileno expandido apresentaram o maior aumento de densidade óssea, seguidos pelos tratados apenas com ePTFE, com os locais de controle mostrando os menores ganhos de densidade. A densidade óssea foi significativamente maior nas regiões apicais do defeitos, com menor ganho nas regiões coronais. Nos animais sem complicações nos tecidos moles, os implantes revestidos com hidroxiapatita apresentaram maior densidade óssea adjacente do que os implantes de titânio (Stentz *et al.*, 1997).

Aroni *et al.* (2019) utilizaram 40 ratos machos adultos, divididos em cinco grupos, células ósseas autólogas (COA), enxerto autógeno (AUT), osso bovino desproteínizado (DBB), hidroxiapatita/fosfato de cálcio bifásico (HA/TCP) e fosfato de cálcio tricálcico (TCP) para avaliar o efeito de diferentes biomateriais na osseointegração em defeitos ósseos críticos criados na calvária dos animais. Após o preenchimento dos defeitos com os biomateriais e cobertura com membrana de colágeno, os animais foram submetidos a análises microtomográficas nos dias

3, 7, 15 e 30 para avaliar o comprimento linear remanescente e o volume dos tecidos mineralizados. Aos 30 dias, foram realizadas análises histológicas e histométricas para quantificar o osso recém formado e os remanescentes de enxerto. Os resultados mostraram que o grupo DBB apresentou o maior volume de tecidos mineralizados em comparação aos outros grupos, especialmente nos períodos de 7 e 15 dias, enquanto o grupo COA teve a maior formação de osso novo. Histometricamente, o grupo COA apresentou a maior quantidade de osso recém formado, seguido pelos grupos DBB e AUT, com o grupo TCP apresentando a menor quantidade. O DBB também apresentou mais remanescente de enxerto ósseo em relação aos grupos AUT e TCP, sugerindo que o enxerto ósseo bovino desproteinizado promove uma maior quantidade de tecidos mineralizados e remanescente de enxerto, enquanto o grupo COA favoreceu a formação de maior quantidade de osso novo.

Abushahba *et al.* (2008) empregaram implantes de titânio comercialmente puro com superfície texturizada, instalados em quatro cães beagle adultos na região dos pré-molares inferiores. Os pré-molares foram hemi-seccionados e as raízes extraídas para criar os sítios. Após um período de cicatrização de três meses, os implantes foram inseridos em locais com defeitos circunferenciais preenchidos com o enxerto xenógeno Bio-Oss®, osso autógeno ou coágulo sanguíneo. A técnica cirúrgica foi realizada a perfuração padrão e alocação balanceada dos materiais de enxerto. Após doze semanas de cicatrização, os animais foram sacrificados para análise histológica. As lâminas foram avaliadas com um microscópio óptico, e foram realizadas quatro medições para avaliar o grau de osseointegração, incluindo o primeiro contato osso e implante e a formação óssea nas roscas do implante e dentro do defeito. Foi observado que a cicatrização nos grupos controle ocorreram sem complicações, com todos os implantes demonstrando osseointegração. A análise estatística (ANOVA) revelou diferenças significativas nas medições de contato osso implante, sendo que os locais com enxertos apresentaram valores mais altos de formação óssea nas roscas dos implantes e nas áreas dos defeitos. Os melhores resultados de formação óssea foram observados nos locais com enxertos de osso autógeno e Bio-Oss®.

Sbordone *et al.* (2015) num estudo retrospectivo avaliaram o impacto do enxerto ósseo imediato utilizando osso derivado de banco de osso (DBBM) e barreira reabsorvível em alvéolos pós-extração de pré molares e molares. Pacientes tratados entre janeiro de 2007 e dezembro de 2011 foram incluídos, desde que atendessem aos critérios de inclusão, como ser acima de 18 anos e ausência de lesões ósseas nos alvéolos. A análise incluiu tomografias computadorizadas realizadas antes da extração dentária e cerca de seis meses após, permitindo a sobreposição das imagens para avaliação tridimensional. As medições de volume e superfície das áreas extraídas foram realizadas utilizando um software especializado, e as variáveis foram agrupadas em anatômicas, preditoras e de desfecho. O estudo comparou dois grupos: um recebeu o enxerto ósseo imediato e o outro sem enxerto. A análise estatística mostrou que o grupo com enxerto apresentou menor perda óssea em relação ao grupo sem enxerto, com uma redução apenas de 9,9% no volume ósseo em comparação a 34,8% no grupo sem enxerto. Por outro lado, a reabsorção óssea não foi completamente evitada, mesmo nos alvéolos enxertados. Portanto o enxerto imediato é eficaz para minimizar a perda óssea, mas não previne totalmente as alterações volumétricas e de contorno ósseo.

Os resultados histológicos e histométricos do estudo de Trento *et al.* (2020) demonstraram que a resposta celular e formação de novo osso foram influenciadas pelo tipo de superfície do implante quanto pelo material de enxerto ósseo utilizado. O grupo HA/TCP-A (cerâmica bifásica com superfície porosa-hidrofílica) apresentou os maiores índices de formação óssea ao longo do tempo, destacando-se com valores mais elevados de novo osso aos 60 dias. Por outro lado, o grupo BC-N (BC com superfície porosa) apresentou uma diminuição nos índices de formação óssea após os primeiros 15 dias. A análise microtomográfica colaborou com esses achados, revelando que a superfície porosa-hidrofílica, em associação com material substituto ósseo, proporcionou uma maior densidade e volume ósseo nos períodos iniciais e tardios, quando comparada a superfície porosa. Esses achados indicam que implantes com superfície porosa-hidrofílica, em combinação com mate-

riais substitutos ósseos, podem acelerar o processo de osseointegração em defeitos ósseos criados, destacando-se como uma estratégia eficaz em modelos de tibia de coelhos.

Vasconcelos *et al.* (2016) utilizaram em seu experimento blocos de osso bovino e enxertos autógenos extraídos dos ramos mandibulares, que foram fixados com parafusos ao osso alveolar residual em oito paciente com edentulismo maxilar que necessitavam de reconstrução óssea antes da instalação de implantes. As tomografias computadorizadas foram realizadas seis meses após a cirurgia para avaliar o remodelamento ósseo, e as amostras coletadas foram analisadas por microtomografia e histologia para mensurar a integração dos enxertos. Para isso foram utilizados softwares para análise histomorfométrica e cálculo do contato entre o osso e o implante, tanto em imagens tridimensionais quanto bidimensionais. Os resultados mostraram que o enxerto autógeno apresentou parâmetros histomorfométricos superiores, como volume ósseo e espessura trabecular, em comparação ao enxerto xenógeno. No entanto, o tipo de enxerto não influenciou de forma significativa as porcentagens de contato osso e implante, tanto em análises tridimensionais e bidimensionais. Sendo assim, apesar das limitações do estudo, o enxerto autógeno demonstrou melhores resultados em parâmetros específicos, enquanto a região óssea nativa apresentou o maior contato osso implante, independentemente do material utilizado.

Guiraldo *et al.* (2015) verificaram eficácia de dois tipos de biomateriais, enxertos suínos e bovinos, em defeitos ósseos críticos realizados em tibias de coelhos. Vinte coelhos foram divididos em dois grupos, sendo realizado diferentes períodos de sacrifícios, sendo submetidos a criação de defeitos côncavos de 6 mm de diâmetro nas tibias, preenchidos com os biomateriais ou mantidos como grupo controle sem enxerto. O grupo experimental recebeu enxertos suínos compostos por 90% de osso granulado e 10% de colágeno, e enxertos bovinos compostos por 60% de hidroxiapatita e 40% de β -TCP (fosfato de cálcio tricálcico). Após o período experimental, análises histomorfométricas e microscópicas foram realizadas para avaliar a formação óssea, a presença de material residual e a evolução do tecido conjuntivo nos diferentes períodos de estudo. Os resultados demonstraram que os enxertos suínos apresentaram uma maior formação óssea em comparação aos enxertos bovinos, além de uma maior reabsorção do material residual, especialmente após os 4 meses. No entanto, ambos os biomateriais apresentaram eficácia na regeneração óssea, com destaque para o maior potencial osteogênico do material de origem suína.

DISCUSSÃO

Para Gomes *et al.* (2023), os implantes dentários visando a reabilitação oral de pacientes edêntulos aparece como um tratamento ideal e indicado para diversos casos. Entretanto, Pinotti *et al.*, (2018) considera as condições do sítio receptor do hospedeiro, em especial a ausência de tecido ósseo de suporte, o que pode afetar a instalação e a longevidade de um implante, portanto, a utilização de enxertos ósseos vem sendo usada como um meio de aumentar a quantidade óssea permitindo uma melhor osseointegração.

Conforme os estudos de Zhong *et al.* (2006) e Munhoz *et al.* (2011) revelaram os enxertos autógenos geralmente promovem uma osseointegração superior em comparação aos xenógenos. Zhong *et al.* (2006) encontraram que a junção de osso autógeno com Bio-Oss® proporcionou uma regeneração óssea superior a observada com os enxertos de Bio-Oss® isolados ou osso autógeno isolado. Da mesma forma, Gholami *et al.* (2023) evidenciaram que os enxertos autógenos promoveram um melhor desenvolvimento ósseo a longo prazo comparado aos xenógenos e sintéticos. Esses resultados podem ser atribuídos a biocompatibilidade e propriedades osteogênicas do osso autógeno, que é similar ao osso do receptor.

Quanto aos enxertos sintéticos, Berberi *et al.* (2023) em seus experimentos possuíam alta concentração de cálcio, porém com diferenças significativas em relação ao osso autógeno. Rokn *et al.* (2011) encontrou que a cerâmica óssea de tamanho pequeno (S-SBC) demonstrou menor inflamação e quantidade de osso novo comparada ao Bio-Oss®, entretanto não era estaticamente significativa. Já nos ensaios de Lima *et al.* (2018)

os implantes em áreas com cerâmica bifásica hidroxiapatita e beta-trifosfato de cálcio apresentaram menor estabilidade e volume ósseo comparado ao osso nativo.

Aroni *et al.* (2019) e Guiraldo *et al.* (2015), em seus experimentos o osso bovino desproteínizado demonstrou maior volume de tecidos mineralizados, mais remanescente de enxerto e boa eficácia na regeneração óssea, entretanto no experimento de Guiraldo *et al.* (2015), o osso bovino desproteínizado mostrou menor reabsorção do material residual em relação aos enxertos suínos.

Quiroz *et al.* (2022), em seu estudo observou que o grupo com osso bovino desproteínizado (DBB) manifestou menor torque de remoção dos implantes e menor volume de tecido mineralizado comparado ao osso nativo, indicando uma menor eficácia na osseointegração. Já no estudo de Munhoz *et al.* (2011), não houve diferença significativa na osseointegração entre os grupos com enxerto inorgânico bovino e controle, insinuando que o enxerto bovino não afetou adversamente a osseointegração. Oliveira *et al.* (2022), em seu ensaio o osso bovino desproteínizado apresentou uma melhor estabilidade e grau de osseointegração comparado ao beta-fosfato tricálcio/hidroxiapatita.

Guerra *et al.* (2011) demonstra em seu estudo que o enxerto ósseo desmineralizado associado com membrana de colágeno resultou em uma osseointegração superior, semelhante ao trabalho de Stentz *et al.* (1997) que ao usar aloenxerto desmineralizado liofilizado de osso com conjunto com membranas. Isso indica que a presença de biomateriais combinados com membranas podem ter um impacto na eficácia da regeneração óssea. Ademais, Abushahba *et al.* (2008) demonstrou que o uso de Bio-Oss® combinado com osso autógeno promoveu melhores condições de osseointegração, o que corrobora com as descobertas de Vasconcelos *et al.* (2016), no qual o enxerto autógeno se comportou com parâmetro histomorfométricos superiores, apesar de o enxerto xenógeno também ser eficaz.

Zhong *et al.* (2006), observou que enxertos autógenos demonstraram uma regeneração óssea elevada quando associada com Bio-Oss®, em comparação aos grupos com Bio-Oss® isolado ou controle. Todos os grupos apresentaram osseointegração considerável, entretanto o grupo com associação apresentou melhores resultados. Já Gholami *et al.* (2023), observou que os enxertos autógenos foram superiores aos xenógenos e aos sintéticos no âmbito de área e volume ósseo ao redor dos implantes após 6 meses, evidenciando sua eficácia a longo prazo.

Quiroz *et al.* (2022), em seu experimento o grupo enxertado com osso bovino desproteínizado apresentou menor torque de remoção dos implantes e menor volume de tecido mineralizado comparado ao osso nativo, indicando que houve uma menor eficácia na osseointegração. Por outro lado Munhoz *et al.* (2011), encontrou que não houve diferença significativa na osseointegração entre os grupos enxertados com inorgânico bovino e controle, insinuando que o enxerto bovino não afetou adversamente a osseointegração.

Oliveira *et al.* (2022), teve em suas descobertas que o osso bovino desproteínizado apresentou melhor estabilidade e grau de osseointegração em comparação ao beta-fosfato tricálcico/hidroxiapatita. Aroni *et al.* (2019) descobriu que o osso bovino desproteínizado mostrou o maior volume de tecidos mineralizados e teve mais remanescente de enxerto, sendo efetivo na regeneração óssea. Guiraldo *et al.* (2015) por outro lado observou que os enxertos bovinos mostraram boa eficácia na regeneração óssea, entretanto tiveram menor reabsorção do material residual comparado aos enxertos suínos.

Kang *et al.* (2023), encontrou que o enxerto sintético Refit® teve um comportamento semelhante ao osso autógeno, tendo uma formação óssea rápida e reabsorção do material. Histomorfometricamente o Refit® demonstrou maior ocupação de osso mineralizado em comparação ao Apaceram-AX®. Já Gholami *et al.* (2023) encontrou que os enxertos autógenos apresentaram melhor relação a área e volume ósseo ao redor dos implantes em comparação aos enxertos sintéticos, entretanto não houveram diferenças estatísticas significativas nos períodos de 2 a 4 meses. Indicando que, apesar dos enxertos autógenos causarem uma melhor reconstrução óssea a longo prazo, os enxertos sintéticos podem ser alternativas em procedimentos com implantes em defeitos ósseos.

Lima *et al.* (2018), observou que os implantes instalados sítios enxertados com enxerto de hidroxiapatita e fosfato de tricálcio tiveram menor estabilidade secundária, volume ósseo ao redor dos implantes, menor contato osso implante e de tecido ósseo entre as voltas do implantes em comparação aos implantes instalados em osso nativo. Oliveira *et al.* (2022), complementa mostrando que os implantes instalados em áreas enxertadas com hidroxiapatita e fosfato de tricálcio tiveram uma estabilidade, volume de tecidos mineralizados e grau de osseointegração inferior ao grupo enxertado com osso bovino desproteínizado.

Abushahba *et al.* (2008), observou que os locais enxertados com a combinação de osso autógeno e osso bovino desproteínizado apresentaram os melhores resultados de formação óssea em comparação aos grupos que receberam esses enxertos de forma isolada. Zhong *et al.* (2006), também realizou enxertos com osso autógeno de forma isolada, osso bovino desproteínizado e uma junção desses dois. Em sua análise histológica foi observado que todos os grupos tiveram osseointegração, mas o grupo com a mistura de osso autógeno e osso bovino desproteínizado demonstrou um efeito superior na regeneração óssea.

Guerra *et al.* (2011) encontrou que os grupos enxertados com osso desmineralizado associado a membrana de colágeno tiveram os melhores resultados, apresentando maior quantidade de osso recém formado e maior contato entre osso e implante. Ademais a membrana de colágeno, por ser reabsorvível, evita a necessidade de uma segunda cirurgia para sua remoção. Já Stentz *et al.* (1997) analisou que os sítios tratados com enxerto desmineralizado e membrana de politetrafluoretileno expandido apresentaram maior aumento de densidade óssea. O principal benefício encontrado foi a maior proteção do enxerto contra a reabsorção prematura, permitindo a formação de tecido ósseo novo de forma mais favorável.

CONCLUSÃO

Os enxertos ósseos desempenham uma função essencial na promoção da osseointegração em implantes dentários, especificamente em casos onde há deficiência de tecido ósseo. Os enxertos autógenos se destacam sendo a opção mais eficaz, resultando em melhores resultados na formação de osso ao redor dos implantes. Entretanto, os enxertos alógenos, xenógenos e sintéticos também demonstraram ser opções viáveis, especialmente quando conjugados com outros biomateriais, como membranas de colágeno, politetrafluoretileno expandido ou cerâmicas bifásicas, podendo ser uma alternativa promissora em situações onde os autógenos não são indicados.

Em relação as propriedades biológicas, os enxertos autógenos demonstraram superioridade nas capacidades osteogênicas, enquanto os enxertos xenógenos e sintéticos destacam-se por suas características osteocondutoras, trabalhando como alicerce eficiente para o desenvolvimento ósseo. A combinação de diferentes biomateriais demonstrou aumentar a eficácia da osseointegração, promovendo uma maior previsibilidade dos resultados clínicos.

Ademais, níveis variados de eficiência são observados nos diferentes tipos de enxertos ósseos. Enquanto os autógenos, são superiores em termos de estabilidade óssea e formação de osso a longo prazo, os enxertos sintéticos, apesar de possuírem algumas limitações, apresentam uma solução viável em ocasiões específicas, como grandes defeitos ósseos e em pacientes com contraindicações ao uso de enxertos autógenos.

Portanto, os enxertos ósseos, em suas diversas apresentações e combinações, permanecem sendo uma ferramenta fundamental na reabilitação com implantes dentários. A escolha do tipo de enxerto ósseo deve considerar não apenas afinidade com o tecido, mas também as necessidades clínicas específicas. Enquanto os autógenos continuam sendo uma opção robusta, os biomateriais alternativos mostram-se promissores, especialmente em situações onde a disponibilidade de osso autógeno é limitada.

REFERÊNCIAS

- ABUSHAHBA, F.; RENVERT, S.; POLYZOIS, I.; CLAFFEY, N. Effect of grafting materials on osseointegration of dental implants surrounded by circumferential bone defects. **Clinical Oral Implants Research**, v. 19, p. 329-334, 2008.
- ALVES, Diana Cândido de Lima et al. Implantes dentários: fatores que influenciam a sua perda. In: **Odontologia: Pesquisa e Práticas Contemporâneas**. v. 1. 2021.
- ANJOS, Lucas Menezes et al. Enxertos ósseos em odontologia – uma revisão integrativa da literatura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. e522101220954, 2021.
- ARONI, M. A. T. et al. Bone repair induced by different bone graft substitutes in critical-sized defects in rat calvaria. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 48, p. e20190041, 2019.
- BERBERI, Antoine; AAD, Georges. Bone substitute used in oral surgery: comparison of physicochemical characteristics of allografts, xenograft and synthetic materials compared to autogenous bone. In: **Advanced Concepts in Medicine and Medical Research**. v. 3. Índia: Book Publisher International, 2023. Cap. 8.
- GUIRADO, José Luis et al. Bone response to collagenized xenografts of porcine origin (mp3®) and a bovine bone mineral grafting (4Bone™ XBM) grafts in tibia defects: experimental study in rabbits. **Clinical Oral Implants Research**, v. 0, p. 1-8, 2015.
- GHOLAMI, Mahdi et al. Micro-computed tomography analysis of mineral attachment to the implants augmented by three types of bone grafts: An experimental study in dogs. **Dental Research Journal**, v. 20, p. 100, 2023.
- GOMES, Silma Silva et al. A influência dos aspectos biológicos no insucesso do tratamento de implantes dentários com enxerto ósseo: revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 3, p. e15912340560, 2023.
- GUERRA, Isabel et al. Evaluation of implant osseointegration with different regeneration techniques in the treatment of bone defects around implants: An experimental study in a rabbit model. **Clinical Oral Implants Research**, v. 22, p. 314-322, 2011.
- JO, Sang Hyun; KIM, Young-Kyun; CHOI, Yong-Hoon. Histological evaluation of the healing process of various bone graft materials after engraftment into the human body. **Materials**, v. 11, n. 5, p. 714, 2018.
- KANG, Jingyang et al. Comparative analysis of the in vivo kinetic properties of various bone substitutes filled into a peri-implant canine defect model. **Journal of Periodontal Implant Science**, v. 54, n. 2, p. 96-107, 2024.
- LIMA, Julia Raulino et al. Comparison of the osseointegration of implants placed in areas grafted with HA/TCP and native bone. **Microscopy Research and Technique**, Wiley Periodicals LLC, v. 85, p. 1-8, 2022.
- MUNHOZ, Etienne Andrade et al. Biomechanical and microscopic response of bone to titanium implants in the presence of inorganic grafts. **Journal of Oral Implantology**, v. 37, n. 1, p. 19-25, 2011.
- OLIVEIRA, Vithor Xavier Resende de et al. Comparison of osseointegration in areas grafted with different osteoconductive biomaterials: A preclinical study. **Brazilian Dental Journal**, v. 33, n. 1, p. 22-30, 2022.
- PINOTTI, F. E. et al. Analysis of osseointegration of implants with hydrophilic surfaces in grafted areas: A preclinical study. **Clinical Oral Implants Research**, v. 29, n. 10, p. 963-972, 2018.
- QUIROZ, Victor F. et al. Comparison of osseointegration in areas grafted with deproteinized bovine bone and native bone: A preclinical study. **Acta Odontológica Latinoamericana**, v. 35, n. 1, p. 3-9, 2022.
- RIBEIRO, Lucas Victor et al. Implantes dentários: fatores que influenciam a sua perda. In: **Odontologia: Pesquisa e Práticas Contemporâneas**, v. 1, n. 1, p. 75-86, 2021.
- ROKN, Amir Reza et al. Bone formation with two types of grafting materials: A histologic and histomorphometric study. **The Open Dentistry Journal**, v. 5, p. 96-104, 2011.

SBORDONE, C. et al. Retrospective volume analysis of bone remodeling after tooth extraction with and without deproteinized bovine bone mineral insertion. **Clinical Oral Implants Research**, v. 0, p. 1-8, 2015.

SILVA, Janaina Soares; BEIRIZ, Rejane Kelly Andrade; RAPOSO, Mariana Josue. Utilização de enxerto ósseo e fibrina rica em plaquetas (PRF) na implantodontia: relato de caso. **Archives of Health Investigation**, v. 10, n. 7, p. 1176-1183, 2021.

SULZER, Bruno Gonçalves; BORGES, Emilly Cristina Costa; SILVA, Laís Fernanda Arcangelo. Biomateriais aplicados na substituição óssea em procedimentos odontológicos. **Perspectivas Experimentais e Clínicas, Inovações Biomédicas e Educação em Saúde (PECIBES)**, v. 8, n. 1, p. 30-37, 2022.

STENTZ, William C. et al. Effects of guided bone regeneration around commercially pure titanium and hydroxyapatite-coated dental implants. I. Radiographic analysis. **Journal of Periodontology**, v. 68, p. 199-208, 1997.

TRENTO, Guilherme et al. Bone formation around two titanium implant surfaces placed in bone defects with and without a bone substitute material: A histological, histomorphometric, and micro-computed tomography evaluation. **Clinical Implant Dentistry and Related Research**, v. 22, n. 2, p. 177-185, 2020.

VASCONCELOS, Karla de Faria et al. MicroCT assessment of bone microarchitecture in implant sites reconstructed with autogenous and xenogenous grafts: a pilot study. **Clinical Oral Implants Research**, v. 0, p. 1-6, 2016.

ZHONG, Weijian et al. Augmentation of peri-implant bone defects with different bone grafts and guided bone regeneration: a pilot experimental study in the dog. **Journal of Hard Tissue Biology**, v. 15, n. 3, p. 82-88, 2006.