

# Regeneração óssea vertical posterior da mandíbula

Regeneração óssea guiada

Luís Miguel Teixeira Sousa

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em  
Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Gandra, 5 de junho de 2020



**CESPU**

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

**Luís Miguel Teixeira Sousa**

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em  
Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

**Regeneração óssea vertical posterior da mandíbula**

Regeneração óssea guiada

Trabalho realizado sob a Orientação da Mestre Juliana de Sá

## Declaração de Integridade

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.



## Declaração do Orientador

Eu, **Juliana Manuela Barbosa de Sá**, com a categoria profissional de Monitor Clínico do Instituto Universitário de Ciências da Saúde, assumi o papel de Orientador da dissertação intitulada *“Regeneração óssea vertical posterior da mandíbula”*, do aluno do mestrado integrado em Medicina Dentária, **Luís Miguel Teixeira Sousa**, e declaro que sou favorável para que a dissertação possa ser depositada para a análise do arguente do júri nomeado para o efeito para admissão a provas públicas conducentes à obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária.

Gandra, 5 de Junho de 2020.

O orientador

---



## Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus pais e aos meus irmãos por todo o apoio e por acreditarem sempre em mim. Agradeço também à minha namorada, Bárbara, pelo papel ativo que teve neste meu percurso e por estar sempre ao meu lado.

Deixo também um enorme obrigado à minha turma por todo o companheirismo e pelo carinho, tenho a certeza de que sem eles este percurso não teria sido tão positivo. Vão deixar saudades, mas certamente isto será apenas o início de uma amizade para a vida.

Quero deixar um agradecimento à minha orientadora, Mestre Juliana de Sá, por todo o empenho e rigor. Foi incansável. Obrigado!

Por último, dedico este trabalho e todo o meu percurso à minha avó, Alice, porque foi ela que me deu todas as bases para ser quem sou hoje e tenho a certeza de que estaria muito orgulhosa neste momento.



## Resumo

A regeneração óssea guiada na zona posterior da mandíbula, surge como uma opção cirúrgica que viabiliza a reabilitação oral com recurso a implantes dentários em pacientes com mandíbulas atróficas. Esta técnica, que recorre ao uso de membranas oclusivas e enxertos de osso particulado, permite, num período de 9 a 12 meses, um ganho de volume ósseo suficiente para a colocação segura de implantes dentários.

O objetivo principal desta revisão de literatura sistemática e integrativa, é identificar quais são as vantagens e desvantagens da regeneração óssea guiada na zona posterior da mandíbula. Quanto ao objetivo secundário, passará por compreender qual o propósito da utilização das membranas no processo de regeneração óssea.

Para este trabalho foi realizada uma pesquisa na base de dados *PubMed* (via *National Library of Medicine*). A pesquisa identificou 226 artigos dos quais foram selecionados 32 por possuírem os critérios de inclusão definidos.

Perante os resultados podemos aferir que a técnica de regeneração óssea guiada é a mais previsível e segura. A distração osteogénica é contraindicada pela literatura devido à sua complexidade. O índice de sucesso dos implantes dentários é superior a 90% nas técnicas descritas. A deiscência e exposição da membrana na cavidade oral são as principais desvantagens da regeneração óssea guiada. As membranas de politetrafluoretileno de alta densidade (d-PTFE) devem ser as escolhidas para procedimentos de regeneração óssea vertical.

**Palavras-chave:** *“aumento vertical e mandíbula”; “GBR e implantes dentários”; “regeneração óssea guiada e membranas”; “defeitos ósseos e enxerto ósseo”; “osteointegração e implantes dentários”.*



## Abstract

Guided bone regeneration in the posterior zone of the mandible appears as a surgical option that makes oral rehabilitation feasible using dental implants in patients with atrophic mandible. This technique, which resort to the use of occlusive membranes and grafts of particulate bone, allows that between 9 and 12 months there is a proper increase in bone volume for the safe placement of dental implants.

The main aim of this systematic and integrative literature review is to identify what are the advantages and disadvantages of guided bone regeneration in the posterior area of the mandible. Regarding the secondary aim, it will involve understanding the purpose of using the membranes in the bone regeneration process.

For this work, a search was carried out in PubMed database (via National Library of Medicine). The research identified 226 articles of which 32 were selected according to the inclusion requirements.

In view of the results, we can determine that the guided bone regeneration technique is safer and more predictable. Osteogenic distraction is contraindicated in the literature due to its complexity. The success rate of dental implants is higher than 90% in the techniques described. Dehiscence and exposure of the membrane in the oral cavity are the main disadvantages of guided bone regeneration. High-density polytetrafluoroethylene (d-PTFE) membranes should be chosen for vertical bone regeneration procedures.

**Keywords:** *"Vertical augmentation AND jaw"; "GBR AND dental implants"; "Guided bone regeneration AND membranes"; "Alveolar defects AND bone graft"; "osteointegration AND dental implants"*



## Índice

1 - Introdução	1
2 - Objetivos e Hipóteses	2
3 - Materiais e Métodos	3
4 - Desenvolvimento	5
4.1 - Génese e evolução da implantologia	5
4.2 - Implantologia e osteointegração	6
4.3 - Classificação dos maxilares desdentados	7
4.4 - Avaliação pré-operatória e planeamento cirúrgico	8
4.5 - Regeneração óssea	9
4.5.1 - Conceptualização	9
4.5.2 - Métodos de regeneração	10
4.5.3 – Aplicabilidade	11
4.5.4 – Tipos de enxerto ósseo	11
4.5.5 - Regeneração óssea na zona posterior da mandíbula	12
4.5.6 - Protocolo da técnica de regeneração óssea guiada <sup>2 23</sup>	14
4.5.7 - Principais dificuldades na regeneração óssea na zona posterior da mandíbula	16
5 – Conclusão	17
6 - Dados relevantes de cada artigo utilizado.	18
Referências bibliográficas	23



## 1 - Introdução

A regeneração óssea guiada, é uma técnica cirúrgica que permite obter um aumento de volume ósseo vertical e horizontal<sup>1</sup>. Esta resume-se pela colocação de uma membrana oclusiva, que irá proteger o biomaterial colocado no defeito ósseo, constituído pela combinação de um xenoenxerto, nomeadamente o osso bovino mineral desproteínizado (DBBM), com osso autólogo na proporção de 1:1<sup>2</sup>. As membranas podem ser reabsorvíveis ou não reabsorvíveis, tendo como função a proteção do coágulo sanguíneo e isolamento do defeito ósseo de modo a excluir a presença de células não osteogénicas, criando espaço para a proliferação de células osteogénicas, aspeto crucial para a regeneração óssea<sup>2-4</sup>. Esta etapa assume-se bastante importante em pacientes com maxilares atroficos<sup>5</sup>. A atrofia óssea deve-se a vários fatores, tais como: trauma, doença periodontal, deformidades congénitas, extrações dentárias ou pelo uso prolongado de próteses removíveis<sup>6</sup>.

O conceito da criação de um local anatómico isolado, com o objetivo de promover a regeneração, foi introduzido pela primeira vez há mais de 50 anos, quando os filtros de acetato de celulose foram usados para regenerar nervos e tendões<sup>7</sup>. No entanto, foi em 1988 que *Dahlin et al.*, introduziu o conceito terapêutico de regeneração óssea guiada com recurso a membranas oclusivas<sup>4</sup>. Este foi um passo importante pois veio trazer mais uma alternativa terapêutica em relação ao protocolo mais usual, a regeneração óssea com blocos de osso autólogo, e que permite contornar as suas principais desvantagens, tais como: a morbilidade associada à zona dadora, geralmente o ramo da mandíbula e a sua disponibilidade limitada<sup>2,8</sup>.

Atualmente, a regeneração óssea guiada é considerada uma técnica cada vez mais previsível, graças aos avanços conseguidos na área dos materiais utilizados, bem como na evolução da técnica cirúrgica, que deve ser livre de qualquer tensão<sup>9</sup>. O que também é consensual neste momento, é que para o êxito e para uma maior previsibilidade da técnica, duas premissas devem ser conseguidas: a exclusão de células não osteogénicas e a criação/manutenção do espaço<sup>4</sup>.

## 2 - Objetivos e Hipóteses

*Objetivo principal:*

Identificar quais as vantagens e desvantagens da regeneração óssea guiada na zona posterior mandibular.

*Objetivo secundário:*

Compreender qual o propósito da utilização das membranas no processo de regeneração óssea.

### 3 - Materiais e Métodos

Realizou-se uma pesquisa bibliográfica na base de dados *PubMed* (via *National Library of Medicine*) recorrendo às palavras-chave e sua associação: "*Vertical augmentation AND jaw*"; "*GBR AND dental implants*"; "*Guided bone regeneration AND membranes*"; "*Alveolar defects AND bone graft*"; "*osteointegration AND dental implants*".

Desta pesquisa destacaram-se 226 artigos com base no título e no resumo, dos quais foram selecionados 32 artigos, sendo devidamente analisados de acordo com os seguintes critérios:

Critérios de inclusão:

- Artigos escritos em inglês;
- Artigos com texto completo;
- Artigos nos quais se verificasse a presença das palavras-chave ou alguma associação entre as mesmas;
- Artigos com resumos considerados relevantes para o desenvolvimento deste trabalho;
- Artigos presentes na bibliografia de artigos resultantes da pesquisa inicial e que suscitassem algum interesse para o desenvolvimento deste trabalho.

Foi ainda utilizado 1 artigo que não verificava os critérios de inclusão, sendo, no entanto, relevante para o presente trabalho.

Critérios de exclusão:

- Artigos que não cumprissem os critérios de inclusão;
- Artigos que, após análise detalhada, não mostrassem relevância para o desenvolvimento deste trabalho;
- Artigos que não incluíssem as palavras chave;

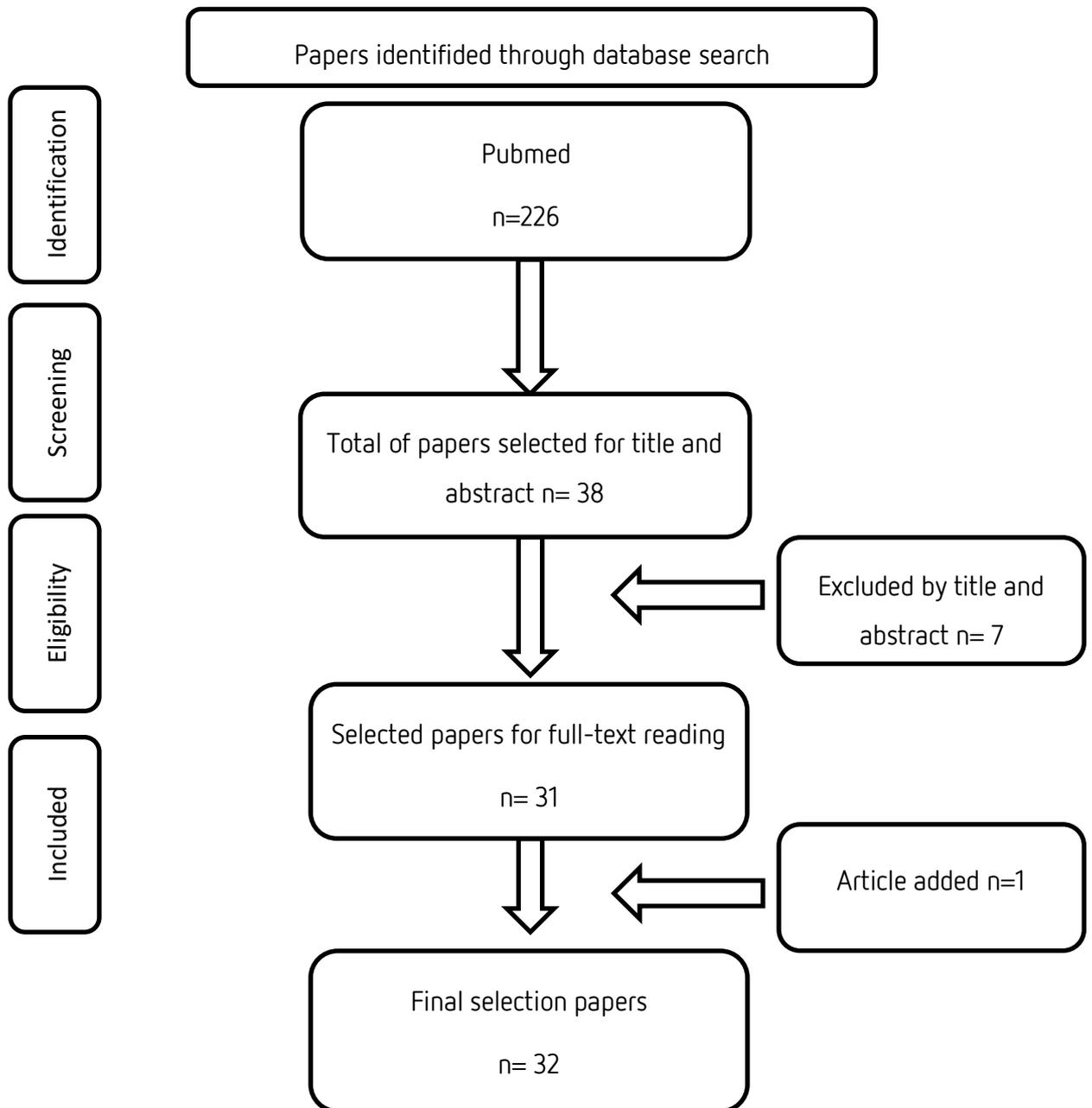


Fig1 - Fluxograma da pesquisa realizada

## 4 - Desenvolvimento

### 4.1 - Gênese e evolução da implantologia

Os implantes dentários fazem parte da história da Medicina Dentária há muitos séculos. O seu início remonta para o antigo Egito. Nesta altura, para se substituir a falta de peças dentárias, os povos egípcios colocavam conchas esculpidas ou pedras na mandíbula por forma a colmatarem os espaços edêntulos. A primeira evidência de implantes dentários é atribuída à população Maia por volta de 600 dC, em que se utilizavam conchas como implantes para o preenchimento dos espaços edêntulos na mandíbula<sup>10,11</sup>. No ano 800 dC, na cultura hondurenha, o primeiro implante de pedra foi colocado na mandíbula<sup>10</sup>.

Em 1809, *J. Maggiolo*, colocou um implante de ouro num alvéolo, decorrente da extração dentária. Após a sua cicatrização, uma coroa foi colocada<sup>10</sup>.

Em 1930, os irmãos *Alvin e Moses Strock*, experimentaram parafusos ortopédicos, confeccionados a partir de uma liga de cromo-cobalto, designada *vitallium*. Após a colocação, verificaram que o *vitallium* fornecia ancoragem e suporte para a substituição de dentes ausentes. Tornaram-se reconhecidos por terem descoberto um metal biocompatível para a substituição de peças dentárias ausentes<sup>10</sup>. Os irmãos *Strock*, foram também os primeiros a colocarem com sucesso um implante endosteal<sup>10</sup>.

A história moderna dos implantes dentários começa durante a segunda guerra mundial. Foi durante este período que o *Dr. Norman Gold-Berg*, pensou em usar restaurações dentárias metálicas. Mais tarde, em 1948, em associação com o *Dr. Aaron Gershkoff*, produziram com sucesso o primeiro implante sub-periosteal<sup>11</sup>.

Contudo, um dos principais desenvolvimentos na área da implantologia, ocorreu em 1957, quando *Per-Ingvar Brånemark*, começou a estudar o processo de remodelação óssea e descobriu que o osso conseguia crescer próximo do titânio (Ti) e que poderia aderir ao metal sem ser rejeitado<sup>10,11</sup>. Mais tarde, *Per-Ingvar Brånemark*, intitulou este fenómeno de osteointegração<sup>10,11</sup>. Em 1965, *Per-Ingvar Brånemark*, colocou os primeiros implantes dentários de titânio num paciente de 37 anos, que osteointegraram passados seis meses, mantendo-se em função durante 40 anos<sup>11</sup>.

Em meados dos anos 90, iniciou-se o desenvolvimento das cerâmicas modernas. A partir daqui, as grandes empresas de implantes dentários começaram a realizar tratamentos de superfície de modo a otimizar ainda mais o fenómeno de osteointegração<sup>11</sup>.

Atualmente, a expectativa de sucesso da osteointegração dos implantes dentários é superior a 95%<sup>11</sup>.

## 4.2 - Implantologia e osteointegração

O edentulismo parcial ou total, surge como consequência de vários fatores, tais como: trauma, doença periodontal, doenças sistémicas ou extrações dentárias<sup>6</sup>. Já há algumas décadas que a reabilitação com implantes dentários é uma opção viável nos pacientes supracitados<sup>11</sup>.

O conceito de osteointegração é definido pela conexão estrutural e funcional entre o osso circundante e o implante dentário. Este fenómeno é fundamental no alcance da estabilidade primária do implante, bem como do sucesso do mesmo a longo prazo<sup>11,12</sup>. A osteointegração é também considerada uma medida que nos permite quantificar a estabilidade do implante, sendo classificada em duas etapas: estabilidade primária e estabilidade secundária<sup>12</sup>.

Esta conexão estrutural e funcional é a base do sucesso na colocação de implantes endósseos. Logo, são vários os fatores que influenciam a osteointegração, tais como: o *design* e a superfície dos implantes dentários, a técnica cirúrgica, o volume e qualidade do osso circundante, o biomaterial e os fatores biomecânicos<sup>11,12</sup>.

Embora a colocação de implantes dentários seja um procedimento bastante comum na área da reabilitação oral, ainda é possível verificar uma taxa de insucesso superior a 10%. De um modo geral, a qualidade e/ou a quantidade óssea são os principais responsáveis por tal acontecimento. A disponibilidade óssea é muito importante, pois quanto maior a quantidade de osso presente, maior será a probabilidade de um implante osteointegrar. Porém, a qualidade óssea também assume um papel fundamental. Esta, pode ser classificada em quatro grupos tendo em conta a estrutura e a proporção do tecido ósseo. O tipo I, é um osso cortical denso e homogéneo, que permite uma boa ancoragem, mas tem um limitado aporte sanguíneo. O tipo II, é um osso formado por uma camada fina de osso cortical, rodeado por osso trabecular denso, sendo o tipo ideal para que ocorra osteointegração, pois para além de uma boa ancoragem, apresenta um bom aporte sanguíneo, o que permite uma boa vascularização do leito implantar. O tipo III, corresponde a uma camada fina de osso cortical, rodeado por osso trabecular denso.

O tipo IV, é um osso com uma camada fina de osso cortical, rodeado por osso trabecular pouco denso. Estes dois últimos tipos de osso, acarretam algumas complicações<sup>11-13</sup>.

Não existe evidência de que as falhas protéticas, a falha dos implantes, ou até a perda óssea estejam associadas aos diferentes protocolos, tais como: a carga imediata do implante (ILI), a carga precoce do implante (ELI) ou o protocolo convencional (CLI)<sup>13</sup>.

Quando são mencionados os fatores de risco associados à colocação de implantes, não devem ser considerados apenas fatores locais, mas também fatores de risco sistêmicos, tais como: doenças endócrinas, osteoporose, doença cardiovascular, fatores microbianos e imunoinflamatórios, problemas hematológicos, quimioterapia ou radioterapia, que podem alterar a abordagem do médico dentista<sup>11</sup>.

Inerente à implantologia, está a regeneração óssea, e para tal, é necessário saber quais as características que o enxerto ósseo deverá possuir. Este deve ter capacidade osteogénica, isto é, ter na sua constituição materiais orgânicos que sejam capazes de estimular a formação de novo osso, deve ser osteoindutor, ou seja, induzir a diferenciação de células indiferenciadas em osteoblastos ou condroblastos, estimulando ou aumentando a formação de osso no local a regenerar e por último, ser osteoadutor, devendo ter na sua constituição um componente inorgânico, que seja capaz de promover a aposição de novo osso na sua superfície<sup>14</sup>.

### 4.3 - Classificação dos maxilares desdentados

Em 1988, *Cawood & Howell*, introduziram uma classificação, dividida em 5 categorias, que permite caracterizar todas as alterações anatómicas que ocorrem nos maxilares, após a perda de peças dentárias<sup>(15)</sup>. Sendo elas<sup>16</sup>:

- **Tipo I:** dentados;
- **Tipo II:** caracteriza as alterações após extrações dentárias;
- **Tipo III:** rebordo alveolar de forma arredondada, com altura e largura adequada;
- **Tipo IV:** rebordo alveolar afiado, com altura adequada e largura insuficiente;
- **Tipo V:** rebordo alveolar plano, sem altura e largura suficientes;
- **Tipo VI:** rebordo alveolar bastante diminuído, com vários graus de perda óssea a nível basal.

No entanto, em 2014, foi descrita uma nova classificação para maxilares atróficos, que se divide em 4 categorias (A, B, C ou D). Sendo elas<sup>16</sup>:

- **Tipo A:** existe uma boa altura óssea na zona posterior, nomeadamente na zona dos primeiros molares, que permite a colocação de implantes acima do nervo alveolar inferior. Na maxila, após redução óssea, existirá uma parede óssea palatina disponível, que se situará a mesial do primeiro molar, permitindo a colocação do implante dentário por palatino;
- **Tipo B:** existe osso suficiente acima do nervo alveolar inferior, que permite a colocação de implantes dentários a posterior do *foramen* mentoniano, desde que o implante tenha uma inclinação distal, pois a altura óssea não permite a colocação do mesmo na vertical. A maxila apresenta uma atrofia óssea moderada, bem como uma pneumatização dos seios maxilares. Logo, a colocação de implantes dentários terá que ser na segunda zona pré-molar com uma angulação de 30 graus para mesial;
- **Tipo C:** existe pouca ou nenhuma altura óssea acima do *foramen* mentoniano, logo, a colocação do implante angulado terá que ser à frente do *foramen*, na primeira zona pré-molar. No maxilar o processo alveolar está ausente e os seios maxilares estão projetados para anterior. Os implantes dentários podem ser colocados na segunda zona pré-molar;
- **Tipo D:** tem menos de 10 mm de altura óssea e corresponde ao tipo V/VI na classificação de *Cawood & Howell*. Devido à severa reabsorção óssea, a colocação bilateral de implantes dentários no vómer é uma opção para a zona mais anterior, quanto à zona posterior, a colocação de implantes zigomáticos está preconizada.

#### 4.4 - Avaliação pré-operatória e planeamento cirúrgico

A avaliação pré-operatória é extremamente importante uma vez que determina o sucesso do tratamento que o médico dentista se proponha realizar. Esta avaliação recai sobre a história médica geral do paciente, que permite conhecer potenciais fatores de risco sistémicos que poderão condicionar a realização da intervenção cirúrgica, tais como: doenças endócrinas, osteoporose, doença cardiovascular, fatores microbianos e imuno-inflamatórios, problemas hematológicos, quimioterapia ou radioterapia<sup>11</sup>. Fatores locais devem ser igualmente avaliados, tais como: a quantidade e/ou qualidade óssea na zona a intervir e o tipo de defeito ósseo. Para ser possível a obtenção destas informações, a utilização de um *software* de análise 3D, tal como o CBCT (*cone beam computed tomography*) é essencial. Assim, é possível saber a quantidade

óssea disponível, essencial para a escolha do implante, a proximidade a zonas anatómicas nobres, no caso de ser necessário uma regeneração óssea, a melhor técnica, bem como o melhor enxerto ósseo que consiga assegurar, até certo ponto, o sucesso do tratamento<sup>17,18</sup>. Uma avaliação do tecido mole é relevante para garantir que existe uma boa espessura da mucosa, bem como quantidade suficiente de gengiva queratinizada<sup>9,17</sup>.

O planeamento cirúrgico deve ser realizado tendo em conta os fatores de risco sistémicos e locais, bem como dispor de meios auxiliares de diagnóstico<sup>11,17</sup>. Quando a regeneração óssea é a opção de tratamento, é necessário decidir qual a melhor técnica, bem como o tipo de enxerto que melhor se adequa à dimensão do defeito ósseo e apresente melhores resultados<sup>17</sup>. Porém, na presença de maxilares atróficos, também existe a opção da colocação de implantes curtos (<8mm) ou a técnica *all-on-four* (para reabilitações totais) que, através de implantes angulados, evita o trajeto do nervo alveolar inferior, bem como a zona posterior da mandíbula. Os pacientes são mais recetivos a estes tipos de tratamentos, por serem procedimentos mais simples, menos dispendiosos, apresentarem menos complicações pós-cirúrgicas e demorarem menos tempo<sup>9,18</sup>.

## 4.5 - Regeneração óssea

### 4.5.1 - Conceptualização

A regeneração óssea foi introduzida há mais de 50 anos e, desde então, a sua evolução tem sido muito evidente. Nos dias de hoje é considerado um procedimento comum e que permite reabilitar maxilares atróficos<sup>5</sup>. Este tipo de abordagem cirúrgica permite a colocação de implantes dentários numa posição tridimensional ótima e, sempre que possível, implantes *standard* (>8mm), uma vez que estes apresentam uma maior estabilidade ao longo do tempo em relação aos implantes curtos (<8mm)<sup>19,20</sup>. No entanto, a regeneração óssea, é um procedimento que depende bastante da experiência do operador<sup>9</sup>.

*Plonka et al.* (2018)<sup>20</sup> e *Urban et al.* (2019)<sup>2</sup>, revelam que a regeneração óssea guiada é previsível para defeitos ósseos inferiores a 4 mm e superiores a 6 mm. Até defeitos ósseos de 4mm, a colocação imediata do implante pode ser realizada, sendo que a partir dos 4mm, a colocação do implante deve ser realizada num segundo tempo cirúrgico. *Thoma et al.* (2017)<sup>21</sup>, defendem

que em casos com osso remanescente inferior a 8mm, a regeneração óssea vertical deve ser realizada, na tentativa de serem colocados implantes *standard* (>8mm).

Em contrapartida, *Misch et al. (2019)*<sup>18</sup>, referem que a regeneração óssea vertical deve ser evitada por ser menos previsível em relação à colocação de implantes curtos (<8mm) ou extracurtos (<6mm). Em casos de defeitos ósseos severos, a zona posterior da mandíbula deve ser evitada, recorrendo à técnica de *all-on-four*. Em concordância, *Thoma et al. (2017)*<sup>21</sup>, referem que na presença de osso >8mm, os implantes curtos devem ser uma opção, na presença de osso >10mm, implantes *standard* são os indicados.

#### 4.5.2 - Métodos de regeneração

"PASS" é um conceito desenvolvido por *Wang et al.*, que se baseia em quatro pilares da regeneração óssea guiada, sendo estes: fechamento primário da ferida cirúrgica, angiogénese, manutenção do espaço e estabilidade do biomaterial<sup>4</sup>.

Existem dois tipos fundamentais de regeneração óssea: a regeneração óssea vertical e a regeneração óssea horizontal<sup>22</sup>.

Para a correção de defeitos ósseos, as *guidelines* sugerem diferentes opções de tratamento, tais como: enxertos ósseos com recurso a fontes de osso autógenos ou alogénico, ridge split techniques, distração osteogénica, movimentos ortodônticos, onlay block grafting ou regeneração óssea guiada com ou sem material de preenchimento<sup>20,23</sup>. Destas destacam-se a distração osteogénica, a técnica onlay block grafting e a regeneração óssea guiada. A distração osteogénica é definida como um processo biológico de neoformação óssea, que se caracteriza por uma tração gradual e controlada de duas estruturas ósseas. A separação de um segmento ósseo em dois é conseguida pela realização de corticotomias ou osteotomias, seguida da colocação de um distrator, promovendo a formação de novo osso<sup>17,20</sup>. A técnica onlay block grafting, tem como base a colheita de blocos de osso de origem autógena, sendo privilegiado o ramo da mandíbula como zona dadora. O seu objetivo será recriar a anatomia original, logo, os blocos de osso serão colocados lateralmente ou coronalmente ao defeito ósseo. Nesta técnica, também poderá ser utilizado osso particulado<sup>17,24</sup>. A técnica de regeneração óssea guiada, tem como principal princípio a utilização de membranas oclusivas, importantes na manutenção do espaço, protegendo o coágulo sanguíneo e excluindo células não-osteogénicas.

Para regenerações ósseas verticais, as membranas mais utilizadas são as de d-PTFE (politetrafluoretileno de alta densidade), que irão proteger o osso particulado. Este será uma mistura de 1:1 de xenoenxerto, osso bovino mineral desproteínizado (DBBM), e de osso autólogo. Um dos fatores mais importantes desta técnica, e que será essencial para o sucesso, é a obtenção de retalhos completamente livres de tensão<sup>17,20</sup>.

### 4.5.3 – Aplicabilidade

A distração osteogénica, tem indicação para defeitos ósseos muito severos, uma vez que é a técnica que obtém um maior ganho ósseo vertical, segundo a literatura<sup>25,26</sup>. No entanto, esta técnica não é muito utilizada devido à sua grande complexidade, bem como à existência de inúmeras complicações pós-cirúrgicas, de que é exemplo a inclinação para lingual do vetor e perda do distrator<sup>25,26</sup>.

Quanto à técnica onlay block grafting, é considerada uma boa opção para regenerações ósseas verticais e horizontais, logo, pode ser usada com alguma previsibilidade. Porém, é uma técnica sensível, uma vez que é necessária a colheita de blocos de osso da sínfise, do ramo da mandíbula ou linha oblíqua externa<sup>4</sup>. A sua principal desvantagem, está associada à limitação da zona dadora, bem como a sua morbilidade. A aproximação dos bordos da ferida cirúrgica também é um desafio<sup>8</sup>.

A regeneração óssea guiada está muito bem documentada e é cada vez mais previsível, graças aos desenvolvimentos dos biomateriais, bem como da técnica cirúrgica<sup>27</sup>. Esta técnica pode ser utilizada em defeitos ósseos de apenas 4mm, até defeitos ósseos superiores a 6 mm com previsibilidade<sup>20</sup>. No entanto, é uma técnica sensível e por isso difícil de ser efetuada corretamente. A maior dificuldade é a obtenção de retalhos livres de tensão, por forma a evitar a principal complicação pós-cirúrgica, a exposição da membrana na cavidade oral, podendo conduzir a uma infeção e por consequência, à perda do enxerto<sup>23</sup>. Nesta técnica, é sempre necessário um segundo tempo cirúrgico, para remover as membranas não reabsorvíveis<sup>4</sup>.

### 4.5.4 – Tipos de enxerto ósseo

Os enxertos ósseos são a principal ferramenta utilizada na regeneração óssea guiada. Estes podem ser de origem autógena, alogénica ou aloplástica<sup>28</sup>.

Os enxertos de origem autóloga apresentam-se como o *gold standard*, uma vez que promovem a osteogênese, a osteoindução e tem uma ação osteocondutiva no leito ósseo. Como desvantagens, consideram-se: a morbidade da zona dadora e a elevada reabsorção que necessita de colocação imediata do implante para minimizar a reabsorção<sup>8,14</sup>. As possíveis zonas dadoras, são: sínfise mandibular, linha oblíqua externa, ramo da mandíbula, crista ilíaca, tibia ou crânio<sup>2,4</sup>.

Os enxertos allogénicos ou aloplásticos, substitutos ósseos, são uma boa solução para a regeneração óssea desde que apresentem as seguintes características: biocompatibilidade e ausência de efeitos antigénicos. Essencialmente, apresentam capacidade osteocondutiva, mantendo o suporte mecânico na primeira fase de cicatrização, e servem como base para a formação de novo osso<sup>14</sup>. O material mais utilizado na cirurgia de regeneração óssea guiada será a combinação de 1:1 de osso particulado autógeno com osso bovino mineral desproteinizado (DBBM), tratando-se de um xenoenxerto desproteinizado por ação química ou por um processo térmico, com remoção da sua componente orgânica e manutenção da arquitetura óssea, bem como sua parte inorgânica. O xenoenxerto é comumente utilizado por ser bastante biocompatível e osteocondutivo, para além de ter um índice de reabsorção baixo<sup>8,14</sup>.

O enxerto ósseo, aquando da sua colocação, deverá ser envolvido por membranas, as quais podem ser reabsorvíveis ou não reabsorvíveis. As membranas reabsorvíveis podem ser: de colagénio, de polímeros sintéticos ou poliésteres alifáticos<sup>23</sup>. As membranas não reabsorvíveis podem ser: de politetrafluoretileno expandido (e-PTFE), politetrafluoretileno de alta densidade (d-PTFE), malhas de titânio ou titânio reforçado<sup>9,23,29</sup>. As membranas desempenham um papel fulcral, pois permitem a manutenção do espaço para que o coágulo sanguíneo se forme e sejam recrutadas células mesenquimais e células formadoras de osso<sup>5,22</sup>.

#### **4.5.5 - Regeneração óssea na zona posterior da mandíbula**

Distração osteogénica, *onlay grafting* e a regeneração óssea guiada são técnicas de regeneração óssea, realizadas na zona posterior mandibular para aumentar a altura vertical óssea<sup>20</sup>.

A distração osteogénica, é a técnica menos aconselhada, devido à sua complexidade, bem como as complicações pós-cirúrgicas que pode provocar<sup>20</sup>.

A regeneração óssea guiada assume-se como a técnica mais utilizada, por apresentar uma elevada previsibilidade, muito à custa da importante ação das membranas (reabsorvíveis ou não reabsorvíveis)<sup>9</sup>.

A técnica *onlay grafting* também apresenta resultados interessantes. No entanto, a colheita dos blocos ósseos é mais invasiva, acarretando uma maior morbidade para a zona dadora, para além de ser um recurso limitado<sup>8,24</sup>.

*Groot et al.* (2018)<sup>30</sup>, apresentaram os resultados das três técnicas: 189 pacientes foram submetidos à técnica de *onlay grafting*, 2,1% apresentaram abertura da ferida cirúrgica, 1,1% perda parcial do enxerto ósseo, 10,5% peri-implantite e 5,8% distúrbios sensitivos; 71 pacientes foram submetidos à regeneração óssea guiada, 8,5% apresenta abertura da ferida cirúrgica, 5,6% perda parcial do enxerto ósseo, 7,0% peri-implantite e 11,3% apresentaram distúrbios sensitivos permanentes; 99 pacientes foram submetidos à técnica de distração osteogénica, 3% apresenta deiscências, 8,1% distúrbios sensitivos e 11,1% peri-implantite.

Em concordância, *Saletta et al.* (2019)<sup>26</sup>, associado a procedimentos de regeneração óssea vertical, afirmaram que 60% dos casos apresentam complicações, como desordens sensitivas, abertura da ferida cirúrgica, exposição da membrana e falha protética, referindo ainda que a distração osteogénica é a que apresenta mais complicações. *Jensen et al.* (2016)<sup>19</sup> avaliaram as principais complicações após 21 dias de pós-operatório, após a utilização da técnica de regeneração óssea guiada, sendo exposição da membrana, infeção local e distúrbios sensitivos as mais comuns.

Por outro lado, *Elnayef et al.* (2017)<sup>25</sup> referem que a técnica de *onlay grafting* apresenta como complicações cirúrgicas: desordens sensitivas em 3,8-83% dos casos, infeção em 10-16,6% dos casos e deiscências em 3,8-45,8%. Quando à distração osteogénica, apresenta valores de desordens sensitivas na ordem dos 8,3-57% dos casos, e deiscência em 10-41% dos casos. A regeneração óssea guiada, apresenta valores de desordens sensitivas na ordem dos 18,8-20%, infeções em 5,8-31,8% e deiscência valores de 8-27% dos casos.

*Louis P.J.* (2011)<sup>31</sup>, estabelece que quando é usado osso particulado para regenerações ósseas verticais, a utilização de uma membrana rígida é obrigatória para a manutenção do espaço.

*Soldatos et al.* (2017)<sup>23</sup>, afirmam que o uso de membranas do tipo politetrafluoretileno de alta densidade (d-PTFE) é cada vez mais recorrente, porque apresentam poros mais reduzidos (0-2 microns) o que diminui a infiltração de bactérias, logo se expostas na cavidade oral, os riscos de infeção diminuem. *Cucchi et al.* (2019)<sup>4</sup> e *Urban et al.* (2017)<sup>9</sup> afirmaram que membranas

com reforço de titânio podem ser usadas (Ti-e-PTFE, politetrafluoretileno expandido com reforço de titânio/Ti-d-PTFE, politetrafluoretileno de alta densidade com reforço de titânio), devido à sua grande capacidade de criar espaço para a formação do coágulo sanguíneo e manter a integridade do enxerto ósseo.

Por outro lado, *Uehara et al. (2015)*<sup>32</sup> revelaram que as malhas de titânio revelam-se fiáveis em procedimentos de regenerações ósseas verticais, pois apresentam menor índices de infeção e abertura de ferida cirúrgica durante o pós operatório. Por outro lado, *Garcia J, et al. (2017)*<sup>5</sup> referem que as membranas de colagénio reabsorvíveis são uma boa opção, pois não necessitam de um segundo tempo cirúrgico, permitindo uma diminuição da morbilidade e também uma menor exposição na cavidade oral. Em concordância, *Soldatos et al. (2017)*<sup>23</sup>, acrescentam que na presença de defeitos ósseos verticais ou horizontais, as membranas reabsorvíveis são uma opção, podendo ser utilizados parafusos de fixação para se conseguir a manutenção do espaço necessário.

*Urban et al. (2019)*<sup>2</sup> preconizam o uso de osso particulado autógeno juntamente com xenoenxerto (DBBM - osso bovino mineral desproteínizado) na proporção de 1:1. Segundo *Cucchi et al. (2019)*<sup>4</sup>, estudos realizados revelam que existe um ganho ósseo que varia entre os 2-5,6mm com o uso de osso autólogo em combinação com xenoenxerto ou apenas osso autólogo. Em implantes colocados na presença de xenoenxerto (DBBM - osso bovino mineral desproteínizado), o seu sucesso foi de 97,4%, na presença de osso autólogo 98,6% e na presença dos dois (1:1), obteve um sucesso de 100%.

*Urban et al. (2017)*<sup>9</sup> em 35 pacientes com vários defeitos ósseos 3D, usou uma membrana não reabsorvível de politetrafluoretileno expandido (e-PTFE) com um enxerto de matriz óssea bovina anorgânica (ABBM) e obtiveram ganhos ósseos verticais entre 2-12mm.

*Groot et al. (2018)*<sup>30</sup>, num estudo com 139 pacientes, submetidos à técnica de *Onlay grafting*, o índice de sobrevivência dos implantes é entre 91,7%-100% com *follow-up* de 1,2-6,2 anos. No mesmo *follow-up*, também verificaram uma reabsorção óssea variável entre 13-36%. Segundo, *Elnayef et al. (2017)*<sup>25</sup>, com uma amostra de 125 pacientes, demonstraram um ganho ósseo vertical de  $3,47 \pm 0,41$ mm.

#### 4.5.6 - Protocolo da técnica de regeneração óssea guiada <sup>2 23</sup>

1º. Realização de uma incisão mesiocrestal na gengiva queratinizada com uma lâmina

- bisturi número 15. A extensão distal da incisão deve terminar a 2mm da zona retromolar. Realização de uma incisão vertical por mesiovestibular que abranja pelo menos 1 dente (idealmente 2 dentes) da zona cirúrgica. Mesio-lingualmente, é realizada uma incisão de 3 a 4 mm ao longo do ângulo da linha mesiolingual do dente mais distal na frente do defeito ósseo. Em seguida, elevadores periosteos são usados para refletir um retalho de espessura total além da junção mucogengival e pelo menos 5 mm além do defeito ósseo.
- 2º. Preparação do retalho lingual. Retalhos linguais são elevados até a linha do mio-hióideo, onde é possível identificar a fixação das fibras do músculo mio-hióideo. Como a fixação do mio-hióideo é mais profunda mesialmente à região do segundo pré-molar, a profundidade da elevação do retalho não segue a localização do músculo.
  - 3º. As perfurações das corticais são realizadas com recurso a uma broca redonda de tamanho médio para promover o sangramento.
  - 4º. Corte da membrana de colagénio de acordo com o tamanho e morfologia do defeito.
  - 5º. A aderência da membrana é realizada usando pinos. No caso da mandíbula posterior, o primeiro pino que deve ser colocado é o pino crista distal ao último dente, a fim de estabilizar a membrana e depois colocar os pinos linguais.
  - 6º. A mistura do osso autógeno composto previamente colhido do local recetor (ramo da mandíbula) com o DBBM (osso bovino mineral desproteínizado) na proporção de 1:1.
  - 7º. Moldagem da membrana sobre o material do enxerto, prendendo a membrana com pinos em mesial e em distal, para alcançar a imobilização total do enxerto sob a membrana.
  - 8º. Fechamento livre de tensão, obtido através de incisões periostais por vestibular e avanço modificado do retalho lingual.
  - 9º. Sutura continua festonada, utilizando fio de sutura de politetrafluoretileno (PTFE) (4-0).
  - 10º. As suturas são removidas após 5 semanas.
  - 11º. Esperar 9-12 meses para a colocação dos implantes dentários.

#### 4.5.7 - Principais dificuldades na regeneração óssea na zona posterior da mandíbula

Na regeneração óssea guiada, o aumento vertical é mais complexo do que o aumento horizontal. A manipulação dos tecidos moles é crítica, uma vez que é necessário libertar toda a tensão do retalho para assim acomodar o enxerto ósseo e a membrana, de modo a não existir exposição da membrana antes do tempo previsto (4 a 9 meses)<sup>31</sup>.

A zona posterior da mandíbula é rica em estruturas anatómicas importantes, tais como: percurso do nervo alveolar inferior, artéria sublingual ou ducto de *Wharton*, daí que a manipulação desta zona aquando do ato cirúrgico, depende da destreza do operador, bem como do conhecimento de toda a anatomia da região em questão. Tudo isto é exacerbado pelo difícil acesso à região mencionada<sup>27</sup>. É crucial que os retalhos estejam completamente livres de tensão (vestibular e lingual), para facilitar o fecho adequado da ferida cirúrgica e assim minimizarem-se as complicações pós-cirúrgicas<sup>27</sup>. Por outro lado, um dos prós de regenerar a zona posterior da mandíbula é o facto de as zonas dadoras estarem próximas da zona a regenerar, diminuindo assim a sua morbilidade <sup>31</sup>.

*Groot et al.* (2018)<sup>30</sup> afirmam que em 71 pacientes submetidos à técnica de regeneração óssea guiada, o índice de sobrevivência dos implantes foi entre 90-95% com *follow-up* de 2-4 anos. O índice de reabsorção óssea ficou entre os 24-28%. Segundo, *Elnayef et al.* (2017)<sup>25</sup>, verificaram que em estudos com 62 pacientes, submetidos à técnica de regeneração óssea guiada, o ganho ósseo vertical foi de  $3.83 \pm 0,49$  mm e o índice de sobrevivência dos implantes foi de 99,6%. *Plonka et al.* (2018)<sup>20</sup> também revelaram um índice de sucesso dos implantes entre 93,75-100%.

*Groot et al.* (2018)<sup>30</sup>, indicaram num estudo com 150 pacientes submetidos ao procedimento de distração osteogénica, que o índice de sucesso dos implantes ficou entre os 94,4-98% com *follow-up* de 11,2-60 meses. O ganho ósseo ficou entre os 6-10,2mm. A reabsorção ficou entre os 11-23%. Em contrapartida, *Elnayef et al.* (2017)<sup>25</sup>, verificaram que numa amostra de 64 pacientes, o ganho ósseo foi de 6,84mm e o índice de sucesso dos implantes foi de 98,1%. *Saletta et al.* (2018)<sup>26</sup>, afirmaram que o sucesso dos implantes colocados em osso enxertado de 61,5-100% com a regeneração óssea guiada, considerando esta a técnica mais previsível.

## 5 – Conclusão

Segundo a revisão sistemática integrativa realizada, verifica-se que as principais vantagens da regeneração óssea guiada, passam pelo menor número de complicações pós-cirúrgicas, em relação às demais, bem como pelo índice de sucesso dos implantes colocados, que se encontra muito próximo dos 100%. Porém, as suas maiores desvantagens, relacionam-se com as dificuldades em obter retalhos livres de tensão, o que pode resultar num insuficiente fecho primário da ferida cirúrgica, provocando deiscências no tecido mole que levará à exposição das membranas oclusivas na cavidade oral, desencadeado uma infeção e possível comprometimento do enxerto ósseo. Outra desvantagem é a necessidade de um segundo tempo cirúrgico, para retirar a membrana não reabsorvível.

O papel das membranas oclusivas é fundamental, pois permitem a manutenção do espaço para a formação do coágulo sanguíneo, permitindo a proliferação de células osteogénicas e excluindo as células não osteogénicas. Para além disso, também permitem uma estabilização do enxerto ósseo, premissa fundamental da regeneração óssea guiada.

## 6 - Dados relevantes de cada artigo utilizado.

AUTOR (ANO)	DESIGN DO ESTUDO	AMOSTRA	MATERIAL	ACOMPANHAMENTO	OBJETIVO DO ESTUDO	RESULTADOS
<i>ELNAYEF ET AL. (2017)</i>	Revisão sistemática e meta-análise	251 pacientes	-	-	Avaliar de uma forma sistemática a eficiência das diferentes técnicas de regeneração óssea vertical em mandíbulas atroficas.	O ganho ósseo geral de todas as técnicas foi de $4,49 \pm 0,33$ mm. A distração osteogénica apresentou melhores resultados ( $6,84 \pm 0,61$ mm). Onlay grafting ( $3,47 \pm 0,41$ mm) regeneração guiada ( $3,83 \pm 0,49$ mm). <i>onlay grafting</i> apresenta complicações cirúrgicas tais como, desordens sensitivas em 3,8-83% dos casos, infeção em 10-16,6% dos casos, e deiscências em 3,8-45,8%. Quando à distração osteogénica, apresenta valores de desordens sensitivas na ordem dos 8,3-57% dos casos, e deiscência em 10-41% dos casos. A regeneração óssea guiada, apresenta valores de desordens sensitivas na ordem dos 18,8-20%, infeções em 5,8-31,8% e deiscência valores de 8-27% dos casos. Índice de sobrevivência dos implantes com onlay grafting-98,9%; distração osteogénica-98,1% e regeneração óssea guiada- 99,6%.
<i>GROOT ET AL. (2018)</i>	Revisão sistemática e meta-análise	359 pacientes	-	<i>Onlay grafting</i> (1,2-6,2 anos); regeneração óssea guiada (2-4 anos); distração osteogénica (1-5 anos).	Avaliar tendo em conta a literatura existente qual a técnica de regeneração óssea vertical recomendada.	5,8% distúrbios sensitivos; Regeneração óssea guiada, com índices de sobrevivência dos implantes entre 90-95%; reabsorção do enxerto entre 24-28%;8,5% apresenta abertura da ferida cirúrgica, 5,6% perda parcial do enxerto ósseo, 7,0% peri-implantite e 11,3% apresentaram distúrbios sensitivos permanentes; Distração osteogénica com índices de sobrevivência de implantes é de 94,4-98%; 3% apresenta deiscências, 8,1% distúrbios sensitivos e 11,1% peri-implantite.

AUTOR (ANO)	DESIGN DO ESTUDO	AMOSTRA	MATERIAL	ACOMPANHAMENTO	OBJETIVO DO ESTUDO	RESULTADOS
<i>SALETTA ET AL. (2018)</i>	Revisão sistemática	-	-	-	Avaliar e comparar a qualidade das revisões sistemáticas em relação à regeneração óssea vertical com os sistemas (AMSTAR e ROBIS).	60% dos casos apresentam complicações, como desordens sensitivas, abertura da ferida cirúrgica, exposição da membrana e falha protética, diz ainda que a distração osteogénica é aquela que apresenta mais complicações e o sucesso dos implantes em osso regenerado através da regeneração óssea guiada é entre 61,5-100%.
<i>PLONKA ET AL. (2018)</i>	-	-	-	4-5 anos	Avaliar a viabilidade das diferentes técnicas em defeitos ósseos que variem entre 4-6mm.	Índice de sucesso dos implantes dentários após regeneração óssea guiada vertical entre 93,75-100%); em defeitos <4mm, a colocação do implante pode ser imediata, <6mm a colocação deve ser feita num segundo tempo cirúrgico; os implantes curtos apresentam picos de falha mais cedo em relação aos standard (4-6 vs 8 anos, respetivamente).
<i>MISCH ET AL. (2019)</i>	Revisão sistemática	-	-	-	Discutir a filosofia de tratamento "graft less", em relação à regeneração óssea.	Regeneração óssea vertical deve ser evitada por ser menos previsível em relação à colocação de implantes curtos(<8mm) ou extracurtos(<6mm).
<i>THOMA ET AL., (2017)</i>	Revisão narrativa	-	-	-	Descrever as opções de tratamento para a zona posterior da mandibular, comparando os implantes longo vs implantes curtos.	Osso remanescente seja inferior a 8mm, a regeneração óssea vertical deve ser realizada, na tentativa de ser colocados implantes <i>standard</i> (>8mm); presença de osso >8mm, os implantes curtos devem ser uma opção, na presença de osso >10mm, implantes standard estão indicados.

AUTOR (ANO)	DESIGN DO ESTUDO	AMOSTRA	MATERIAL	ACOMPANHAMENTO	OBJETIVO DO ESTUDO	RESULTADOS
<i>JENSEN ET AL., (2016)</i>	Revisão sistemática	223 pacientes	-	21 dias	Estudar as complicações pós-cirúrgicas após regeneração óssea	Após 21 dias de pós-operatório, sendo exposição da membrana, infeção local e distúrbios sensitivos as mais comuns.
<i>SOLDATOS ET AL. (2017)</i>	Revisão sistemática	-	-	-	Sumariar o conhecimento existente em relação às membranas existentes em procedimentos de regeneração óssea.	O uso de membranas do tipo d-PTFE (politetrafluoretileno de alta densidade) é cada vez mais recorrente, porque apresentam poros mais reduzidos (0-2 microns); as membranas reabsorvíveis são uma opção, podendo ser usados parafusos de fixação para se conseguir a manutenção do espaço necessário.
<i>CUCCHI ET AL. (2019)</i>	Revisão narrativa	21 pacientes	-	-	Sumariar os critérios mais importantes da regeneração óssea guiada	Membranas com reforço de titânio podem ser usadas (Ti-e-PTFE, politetrafluoretileno expandido com reforço de titânio/Ti-d-PTFE, politetrafluoretileno de alta densidade com reforço de titânio), devido à sua grande capacidade de criar espaço.
<i>UEHARA ET AL. (2015)</i>	-	21 pacientes	-	6 meses	Avaliar o sucesso do uso de malhas de titânio do tipo micro em regenerações ósseas.	Malhas de titânio revelam-se fiáveis em procedimentos de regenerações ósseas verticais, pois apresentam menos índices de infeção, e abertura de ferida cirúrgica durante o pós-operatório.

AUTOR (ANO)	DESIGN DO ESTUDO	AMOSTRA	MATERIAL	ACOMPANHAMENTO	OBJETIVO DO ESTUDO	RESULTADOS
<i>JIMENEZ GARCIA, J ET AL. (2017)</i>	Revisão sistemática e meta-análise	-	-	-	Investigar o efeito da exposição da membrana em regenerações ósseas.	Membranas de colagénio reabsorvíveis são boas opções, pois não necessitam de um segundo tempo cirúrgico, permitem uma diminuição da morbilidade e também existe uma menor exposição na cavidade oral.
<i>CUCCHI ET AL. (2019)</i>	Revisão narrativa	-	Osso autólogo em combinação com xenoenxerto ou apenas osso autólogo	-	Sumariar os critérios mais importantes da regeneração óssea guiada	Um ganho ósseo que varia entre os 2-5,6mm; Implantes colocados na presença de xenoenxerto do tipo osso bovino mineral desproteínizado (DBBM), o sucesso dos mesmos foi de 97,4%, na presença de osso autólogo 98,6% e na presença dos dois (1:1), um sucesso de 100%.
<i>URBAN ET AL. (2017)</i>	Revisão sistemática	-	Enxerto do tipo matriz óssea bovina anorgânica (ABBM)	-	-	Defeitos ósseos 3D, usou membrana não reabsorvível de politetrafluoretileno expandido (e-PTFE) com enxerto de matriz óssea bovina anorgânica (ABBM) e conseguiu ganhos ósseos verticais que variaram entre os 2-12mm.



## Referências bibliográficas

1. Elgali I, Omar O, Dahlin C, Thomsen P. Guided bone regeneration: materials and biological mechanisms revisited. *Eur J Oral Sci.* 2017 Oct;125(5):315–37.
2. Urban IA, Monje A. Guided Bone Regeneration in Alveolar Bone Reconstruction. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2019 May;31(2):331–8.
3. Rakhmatia YD, Ayukawa Y, Furuhashi A, Koyano K. Current barrier membranes: titanium mesh and other membranes for guided bone regeneration in dental applications. *J Prosthodont Res.* 2013 Jan;57(1):3–14.
4. Cucchi A, Chierico A, Fontana F, Mazzocco F, Cinquegrana C, Belleggia F, et al. Statements and Recommendations for Guided Bone Regeneration: Consensus Report of the Guided Bone Regeneration Symposium Held in Bologna, October 15 to 16, 2016. *Implant Dent.* 2019 Aug;28(4):388–99.
5. Jimenez Garcia J, Berghezan S, Carames JMM, Dard MM, Marques DNS. Effect of cross-linked vs non-cross-linked collagen membranes on bone: A systematic review. *J Periodontal Res.* 2017 Dec;52(6):955–64.
6. Aghaloo TL, Misch C, Lin G-H, Iacono VJ, Wang H-L. Bone Augmentation of the Edentulous Maxilla for Implant Placement: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2016;31 Suppl:s19-30.
7. Retzeppi M, Donos N. Guided Bone Regeneration: biological principle and therapeutic applications. *Clin Oral Implants Res.* 2010 Jun;21(6):567–76.
8. Sanz M, Vignoletti F. Key aspects on the use of bone substitutes for bone regeneration of edentulous ridges. *Dent Mater.* 2015 Jun;31(6):640–7.
9. Urban IA, Monje A, Lozada J, Wang H-L. Principles for Vertical Ridge Augmentation in the Atrophic Posterior Mandible: A Technical Review. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2017;37(5):639–45.
10. Abraham CM. Send Orders of Reprints at [reprints@benthamsience.net](mailto:reprints@benthamsience.net) 50 *The Open Dentistry Journal.* 2014;8:50–5.
11. Gavia L, Salcido JP, Guda T, Ong JL. Current trends in dental implants. *J Korean Assoc Oral*

- Maxillofac Surg. 2014;40(2):50.
12. Parithimarkalaignan S, Padmanabhan T V. Osseointegration: An update. *J Indian Prosthodont Soc.* 2013;13(1):2–6.
  13. Tettamanti L, Andrisani C, Bassi MA, Vinci R, Tagliabue A. Immediate Loading Implants : *ORAL& Implantol.* 2017;10(2):129–39.
  14. Baldini N, De Sanctis M, Ferrari M. Deproteinized bovine bone in periodontal and implant surgery. *Dent Mater.* 2011 Jan;27(1):61–70.
  15. Cawood JI, Howell RA. A classification of edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1988;17(13):232–6.
  16. Jensen OT. Complete arch site classification for all-on-4 immediate function. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2014;112(4):741-751.e2. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.12.023>
  17. Herford AS, Nguyen K. Complex bone augmentation in alveolar ridge defects. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2015 May;27(2):227–44.
  18. Misch CM, Polido WD. A “Graft Less” Approach for Dental Implant Placement in Posterior Edentulous Sites. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2019;39(6):771–9.
  19. Jensen AT, Jensen SS, Worsaae N. Complications related to bone augmentation procedures of localized defects in the alveolar ridge. A retrospective clinical study. *Oral Maxillofac Surg.* 2016 Jun;20(2):115–22.
  20. Plonka AB, Urban IA, Wang H-L. Decision Tree for Vertical Ridge Augmentation. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2018;38(2):269–75.
  21. Thoma DS, Cha J-K, Jung U-W. Treatment concepts for the posterior maxilla and mandible: short implants versus long implants in augmented bone. *J Periodontal Implant Sci.* 2017 Feb;47(1):2–12.
  22. Monje A, Urban I, Miron R, Caballe-Serrano J, Buser D, Wang H-L. Morphologic Patterns of the Atrophic Posterior Maxilla and Clinical Implications for Bone Regenerative Therapy. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2017 Sep;37(5):e279–89.
  23. Soldatos NK, Stylianou P, Koidou VP, Angelov N, Yukna R, Romanos GE. Limitations and options

using resorbable versus nonresorbable membranes for successful guided bone regeneration. *Quintessence Int.* 2017;48(2):131–47.

24. Khoury F, Hanser T. Mandibular Bone Block Harvesting from the Retromolar Region: A 10-Year Prospective Clinical Study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2015;30(3):688–97.
25. Elnayef B, Monje A, Gargallo-Albiol J, Galindo-Moreno P, Wang H-L, Hernandez-Alfaro F. Vertical Ridge Augmentation in the Atrophic Mandible: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2017;32(2):291–312.
26. Saletta JM, Garcia JJ, Caramês JMM, Schliephake H, da Silva Marques DN. Quality assessment of systematic reviews on vertical bone regeneration. Vol. 48, *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* Churchill Livingstone; 2019. p. 364–72.
27. Urban I, Traxler H, Romero-Bustillos M, Farkasdi S, Bartee B, Baksa G, et al. Effectiveness of Two Different Lingual Flap Advancing Techniques for Vertical Bone Augmentation in the Posterior Mandible: A Comparative, Split-Mouth Cadaver Study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2018 Jan;38(1):35–40.
28. Saghiri M-A, Asaturian A, Garcia-Godoy F, Sheibani N. The role of angiogenesis in implant dentistry part II: The effect of bone-grafting and barrier membrane materials on angiogenesis. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2016 Jul;21(4):e526-37.
29. Dimitriou R, Mataliotakis GI, Calori GM, Giannoudis P V. The role of barrier membranes for guided bone regeneration and restoration of large bone defects: current experimental and clinical evidence. *BMC Med.* 2012 Jul;10:81.
30. de Groot RJ, Oomens MAEM, Forouzanfar T, Schulten EAJM. Bone augmentation followed by implant surgery in the edentulous mandible: A systematic review. *J Oral Rehabil.* 2018 Apr;45(4):334–43.
31. Louis PJ. Bone grafting the mandible. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2011 May;23(2):209–27.
32. Uehara S, Kurita H, Shimane T, Sakai H, Kamata T, Teramoto Y, et al. Predictability of staged localized alveolar ridge augmentation using a micro titanium mesh. *Oral Maxillofac Surg.* 2015 Dec;19(4):411–6.