

Relação entre a densidade mineral óssea e a resistência à compressão de blocos ósseos xenógenos

Relationship between bone mineral density and compressive strength of xenogenous bone blocks

DOI:10.34119/bjhrv4n4-212

Recebimento dos originais: 11/07/2021

Aceitação para publicação: 11/08/2021

Fernanda de Souza Tomé

Programa de Pós-graduação em Implantodontia, Faculdade de Odontologia, São Leopoldo Mandic, Campinas, SP, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5966-2533>.

E-mail: fernanda.stome@gmail.com

Raphael de Almeida Oliveira

Programa de Pós-graduação em Implantodontia, Faculdade de Odontologia, São Leopoldo Mandic, Campinas, SP, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1730-3628>.

E-mail: raphaeldealmeidaoliveira@gmail.com

Luis Guilherme Scavone de Macedo

Programa de Pós-graduação em Implantodontia, Faculdade de Odontologia, São Leopoldo Mandic, Campinas, SP, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0052-941X>.

E-mail: drluismacedo@yahoo.com.br

Marcelo Lucchesi Teixeira

Programa de Pós-graduação em Implantodontia, Faculdade de Odontologia, São Leopoldo Mandic, Campinas, SP, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9916-5777>.

E-mail: marceloltx@gmail.com

Antonio Carlos Aloise

Programa de Pós-graduação em Implantodontia, Faculdade de Odontologia, São Leopoldo Mandic, Campinas, SP, Brasil. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6103-5878>.

E-mail: aloiseac@gmail.com

André Antonio Pelegrine

Programa de Pós-graduação em Implantodontia, Faculdade de Odontologia, São Leopoldo Mandic, Campinas, SP, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7935-1062>.

E-mail: pelegrineandre@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a densidade mineral óssea (DMO), a resistência final à compressão (RFC), e a eventual correlação entre os valores dessas variáveis, de quatro blocos ósseos xenógenos comercialmente disponíveis no Brasil para aplicações em implantodontia. Trinta e dois espécimes dos materiais de enxertia analisados foram divididos em 4 grupos de estudo (n = 8): Grupo 1 (G1), Biocollagen (Bioteck, Arcugnano, Itália); Grupo 2 (G2), Bio-Graft, (Geistlich, Wolhusen, Suíça); Grupo 3 (G3), OrthoGen (Baumer, Mogi Mirim, SP, Brasil); e Grupo 4 (G4), Bonefill (Bionnovation, Bauru, SP, Brasil). A DMO foi determinada por meio da análise da densidade óptica dos materiais, observada em imagens tomográficas de alta definição, e expressa em unidades Hounsfield (HU). A RFC foi determinada por meio de um ensaio mecânico de compressão e expressa em Newton (N). Os valores de DMO encontrados para os grupos G1, G2, G3 e G4 foram significativamente diferentes, a saber, 354,3 HU, 317,7 HU, 206,5 HU e 145,6 HU, respectivamente ($p \leq 0,05$). Os valores de RFC encontrados para os grupos G1, G2, G3 e G4 também foram significativamente diferentes, a saber, 685,18 N, 563,18 N, 915,20 N e 1399,70 N, respectivamente ($p \leq 0,05$). Observou-se uma correlação positiva e moderada entre a DMO e a RFC apenas no G4 ($p = 0,015$; $r^2 = 0,655$). A análise dos resultados demonstrou que os blocos de enxerto ósseo xenógenos com uma menor DMO tendem a ter uma maior RFC.

Palavras-Chave: Enxerto Ósseo, Densidade Óssea, Tomografia Computadorizada Por Raios X, Resistência De Materiais, Implantes Dentários.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the bone mineral density (BMD), the ultimate compressive strength (CFR), and the possible correlation between the values of these variables, of four xenogenic bone blocks commercially available in Brazil for implant dentistry applications. Thirty-two specimens of the grafting materials analyzed were divided into 4 study groups (n = 8): group 1 (G1), Biocollagen (Bioteck, Arcugnano, Italy); group 2 (G2), Bio-Graft, (Geistlich, Wolhusen, Switzerland); group 3 (G3), OrthoGen (Baumer, Mogi Mirim, SP, Brazil); and group 4 (G4), Bonefill (Bionnovation, Bauru, SP, Brazil). BMD was determined by analyzing the optical density of the materials, observed on high-definition CT images, and expressed in Hounsfield units (HU). The RFC was determined by means of a mechanical compression test and expressed in Newton (N). The BMD values found for groups G1, G2, G3 and G4 were significantly different, namely 354.3 HU, 317.7 HU, 206.5 HU and 145.6 HU, respectively ($p \leq 0.05$). The RFC values found for groups G1, G2, G3 and G4 were also significantly different, namely, 685.18 N, 563.18 N, 915.20 N and 1399.70 N, respectively ($p \leq 0.05$). A positive and moderate correlation was observed between BMD and RFC only in G4 ($p = 0.015$; $r^2 = 0.655$). The analysis of the results showed that xenogeneic bone graft blocks with a lower BMD tend to have a higher RFC.

Keywords: Bone Graft, Bone Density, X-ray Computed Tomography, Material Strength, Dental Implants.

1 INTRODUÇÃO

Informações sobre as propriedades dos enxertos ósseos xenógenos estruturados podem ser úteis para a realização de um tratamento cirúrgico individualizado, por exemplo, quando se deseja customizar o design do implante no pré-operatório a fim de favorecer a osseointegração.¹ Além disso, a relação entre as propriedades mecânicas de um bloco ósseo estruturado xenógeno e sua densidade mineral óssea (DMO) é um dado clinicamente importante a ser considerado para se prever o risco de uma fratura do enxerto.² Em uma reconstrução maxilo-mandibular, a fixação dos blocos tem de ser realizada por meio de parafusos de titânio, e alguns fatores, tais como a dificuldade de adaptação e a força de apertamento do parafuso na superfície vestibular do enxerto, podem levar a micro-fraturas ou fraturas completas do bloco.³

O conhecimento da densidade mineral e das propriedades mecânicas do xenoenxerto ósseo estruturado pode contribuir para se obter uma distribuição adequada das forças envolvidas em cada caso específico, tanto no bloco quanto na região óssea nativa. Investigações experimentais extensas demonstraram que a geometria do bloco influencia sua propriedade de resistência à fratura.⁴ A estrutura óssea humana é capaz de adaptar-se à carga mecânica a que é submetida; por exemplo, o osso trabecular adapta-se ao estresse mecânico com base na “Lei de Transformação de Wolff”. Entretanto, os enxertos xenógenos não possuem essa capacidade de adaptação, e a sua compressão pode levar à fratura.⁵

A DMO do bloco ósseo a ser empregado pode ser determinada por meio de vários métodos, e essa informação pode servir para as finalidades de diagnóstico, planejamento e previsão do risco de fratura.⁶ Os métodos mais utilizados para esse fim são a análise radiográfica, por meio da absorção de raios X, e a tomografia computadorizada (TC).⁷ Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a DMO, a resistência final à compressão (RFC), e a eventual correlação entre os valores dessas variáveis, de quatro blocos ósseos xenógenos comercialmente disponíveis no Brasil para aplicações em implantodontia.

2 METODOLOGIA

Este estudo foi aprovado pelo comitê local de ética em pesquisa, sob o número 2017/0769, e realizado no laboratório da Faculdade São Leopoldo Mandic (Campinas, SP, Brasil). As tomografias computadorizadas quantitativas foram realizadas no Hospital Maria de Fátima digital (Nova Iguaçu, RJ, Brasil).

Trinta e dois espécimes de blocos ósseos xenógenos comercialmente disponíveis no Brasil, nacionais e importados, foram divididos nos seguintes grupos de estudo (n = 8): Grupo 1 (G1), Biocollagen (Bioteck, Arcugnano, Itália); Grupo 2 (G2), Bio-Graft (Geistlich Pharma AG, Wolhusen, Suíça); Grupo 3 (G3), OrthoGen (Baumer, Mogi Mirim, SP, Brasil); e Grupo 4 (G4), Bonefill (Bionnovation, Bauru, SP, Brasil).

Análise tomográfica

Os espécimes dos quatro grupos foram submetidos à tomografia computadorizada “multislice” para avaliar suas densidades ópticas, em unidades Hounsfield (HU), previamente ao teste compressivo. Os blocos foram posicionados em um suporte estável de isopor e colocados na maca de um tomógrafo “multislice” de 64 canais (Philips Medical Systems Technologies, Haifa, Israel), para serem submetidos ao exame tomográfico utilizando-se o método de aquisição volumétrica (helicoidal) dos dados (Figura 1). Os parâmetros utilizados para todas as tomadas foram: tempo de exposição de 4367 s, voltagem de 120 kV, filtro de corrente helicoidal de 100 mAs, colimação de 0,625 mm, cortes com espessura de 0,08 mm e incremento de 0,4 mm, matrix quadrada de 512 x 512, em um plano coronal, largura de janela (“windowing”) de osso com filtro “duro”.

Ensaio mecânico de compressão

Um molde medindo 5 x 10 x 10 mm, feito com a pasta pesada de um silicone de condensação (Speedex; Coltène/Whaledent AG, Altstätten, Suíça) foi utilizado para padronizar o tamanho dos blocos (Figura 2). Assim, os blocos do G1 (originalmente medindo 10 x 10 x 10 mm) e os blocos do G3 (originalmente medindo 5 x 15 x 15 mm) tiveram que ser seccionados utilizando-se um disco diamantado de corte duplo de 0,3 mm (Komet Brazil, Santo André, SP, Brasil). Os blocos foram então posicionados em uma máquina universal de testes (DL 2000; EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio, São José dos Pinhais, PR, Brasil) e submetidos a uma carga compressiva por meio da aplicação de uma ponta metálica com diâmetro de 9,23 mm, a uma velocidade de 0,5 mm/min (Figuras 3 e 4).

Análise estatística

O teste de análise de variância foi utilizado para avaliar as diferenças entre os grupos quanto aos valores de DMO e RFC. O teste de Tukey foi utilizado para realizar

comparações múltiplas entre grupos. O teste de Pearson foi utilizado para avaliar a correlação entre os valores de DMO e RFC em cada grupo do estudo. O nível de significância adotado foi 5% ($p \leq 0,05$). Todas as análises foram realizadas utilizando-se o software SPSS v. 23 (SPSS, Chicago, IL, EUA).

Figura 1. Blocos ósseos xenógenos do Grupo 2 (Bio-Graft) posicionados dentro do suporte de isopor durante à realização do exame tomográfico “multislice”.



Figura 2. Molde feito com a pasta pesada de um silicone de condensação, contendo o bloco ósseo xenógeno do Grupo 4 (Bonefill), e que serviu de guia para a realização dos cortes dos blocos dos Grupos 1 (Biocollagen) e 3 (OrthoGen).



Figura 3. Bloco ósseo xenógeno do Grupo 2 (Bio-Graft) posicionado na máquina universal de testes. Início do teste de compressão.

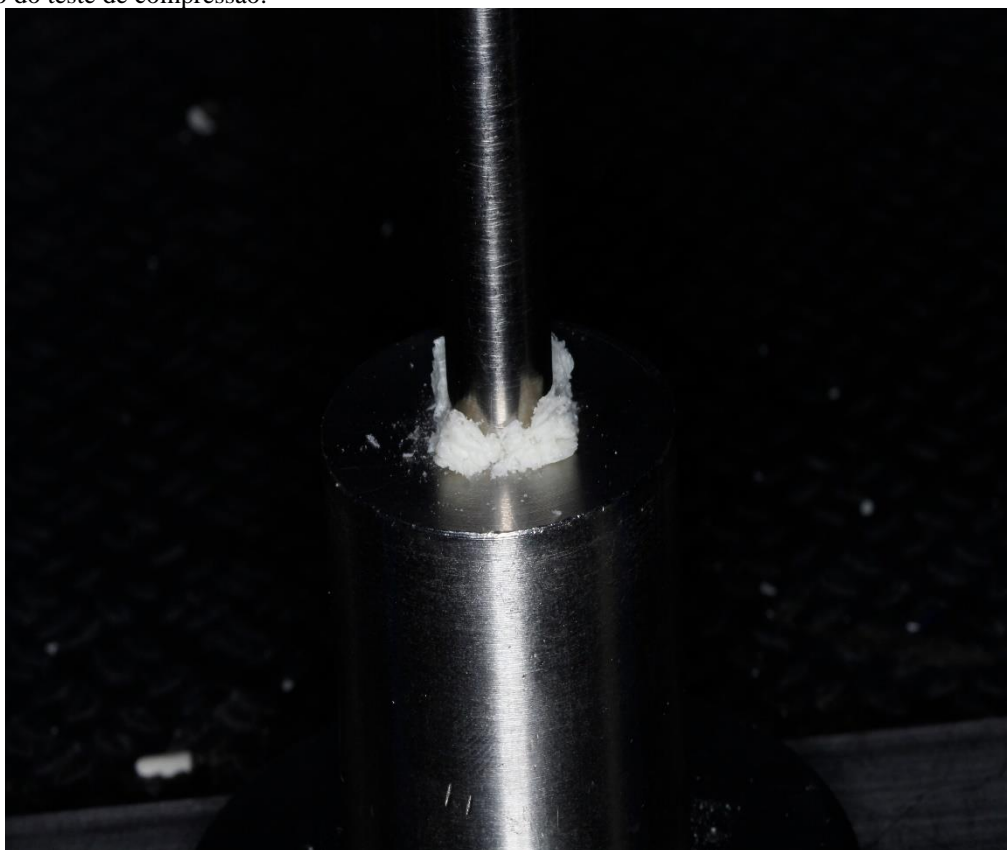


Figura 4. Bloco ósseo xenógeno do Grupo 2 (Bio-Graft) posicionado na máquina universal de testes. Teste de compressão finalizado.



3 RESULTADOS

Houve diferenças significativas entre os grupos quanto à RFC ($p \leq 0,05$). A RFC do grupo G4 foi significativamente maior do que a dos grupos G1 e G2, e os valores de RFC destes não diferiram significativamente. Os espécimes do G3 apresentaram valores intermediários de RFC, e estes não foram significativamente diferentes dos valores de nenhum dos demais grupos (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios e desvios-padrão referentes à densidade mineral óssea (DMO) e à resistência final à compressão (RFC) dos blocos ósseos xenógenos testados no estudo. Valores de DMO obtidos a partir da densidade óptica observada em imagens tomográfica e expressos em unidades Hounsfield (UH); valores de RFC expressos em Newton (N).

Grupos	RFC	DMO
G1 (Biocollagen)	685,18 (429,28) ^B	354,3 (140,7) ^A
G2 (Bio-Graft)	563,18 (106,24) ^B	317,7 (77,4) ^A
G3 (Orthogen)	915,20 (365,62) ^{AB}	206,5 (121,7) ^{AB}
G4 (Bonefill)	1399,70 (501,71) ^A	145,6 (131,2) ^B

Médias seguidas por letras distintas indicam diferença estatisticamente significativa dentro da coluna (teste de ANOVA complementando pelo teste de Tukey; $p \leq 0,05$).

Houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos quanto à DMO ($p \leq 0,05$). Não houve diferença significativa entre os valores de DMO dos grupos G1 e G2 e estes valores foram significativamente maiores do que os do G4. Os espécimes do G3 apresentaram valores intermediários de DMO, e estes não foram significativamente diferentes dos valores dos demais grupos (Tabela 1).

Tabela 2. Correlação entre a resistência final à compressão (RFC) e a densidade mineral óssea (DMO) dos blocos ósseos xenógenos testados no estudo.

Grupos	Valor de p	Coefficiente de determinação (r^2)
G1 (Biocollagen)	0,346	0,148
G2 (Bio-Graft)	0,289	-0,429
G3 (OrthoGen)	0,058	-0,691
G4 (Bonefill)	0,015*	0,655

*: Correlação estatisticamente significativa (teste de correlação de Pearson; $p \leq 0,05$).

Observou-se uma correlação significativa entre a RFC e a DMO apenas no G4 ($p = 0,015$), e esta correlação foi positiva e moderada ($r^2 = 0,655$). Todas as demais correlações investigadas não foram estatisticamente significativas (Tabela 2).

4 DISCUSSÃO

As reconstruções ósseas em implantodontia têm por objetivo final oferecer um volume ósseo suficiente para a instalação de implantes dentais nos locais determinados pelo planejamento reabilitador protético.^{8,9} Nesse contexto, o cirurgião enfrenta ocasionalmente um dilema, tanto na escolha do tipo de abordagem cirúrgica, quanto na escolha dos tipos de biomateriais a serem utilizados como substitutos ósseos.¹⁰ As vantagens da utilização de substitutos ósseos de origem autógena são a presença de células autógenas e a ausência de reação imunogênica; suas desvantagens são uma menor oferta de material e a morbidade no sítio doador.^{11,12} Ao menos outras três opções de biomateriais estão à disposição dos implantodontistas em relação a sua origem, a saber, materiais alógenos, xenógenos e sintéticos. Cada tipo de material tem suas vantagens e desvantagens, e podem ser utilizados na forma estruturada (bloco) ou particulada (grânulos).^{13,14}

A questão sobre o uso de substitutos ósseos estruturados versus particulados tem sido discutida na literatura e aponta para a existência de uma vantagem da forma particulada no quesito potencial de regeneração óssea. Não obstante, outra característica tão importante quanto o potencial de regeneração é a característica estrutural do substituto ósseo e, conseqüentemente, sua capacidade de manter a forma ideal da região enxertada visando à instalação posterior de implantes dentais.¹⁵ Na sua forma particulada, os biomateriais devem ser usados conjuntamente com outros dispositivos que mantenham o volume do enxerto (e.g., parafusos e/ou telas de titânio), considerando-se que a maxila e mandíbula estão sujeitas a forças mecânicas compressivas, musculares e funcionais.¹⁶ Na sua forma estruturada (blocos), os biomateriais são naturalmente capazes de manter o volume do enxerto. Entretanto, suas características devem idealmente se aproximar às de um enxerto autógeno, i.e., devem ser passíveis de adaptação e fixação ao leito ósseo nativo por meio de parafusos – particularmente por meio da pressão exercida diretamente pela cabeça do parafuso sobre o bloco – para garantir a estabilidade e imobilidade do enxerto. Esse conceito é fundamental para que ocorra uma regeneração óssea adequada pós-enxertia.¹⁷

No presente estudo foram avaliados quatro tipos de blocos de xenoenxertos ósseos disponíveis comercialmente no Brasil para aplicações em implandodontia. De acordo com os seus respectivos fabricantes, os blocos tem características físicas e químicas semelhantes às do osso humano, independentemente de sua procedência (bovina ou equina), e podem ser encontrados também na forma particulada.^{18,19} Embora tenham uma

composição estrutural próxima à do osso humano, os blocos xenógenos exibem uma alta taxa de fratura durante a sua fixação por meio de parafusos. Assim, uma análise mais detalhada da estrutura dos blocos xenógenos poderia permitir o estabelecimento de parâmetros relacionados ao risco de fratura associado a cada um deles e, com isso, contribuir para a seleção dos blocos e para uma maior previsibilidade do seu desempenho.^{20,21}

No presente estudo, a correlação entre duas variáveis (DMO e RFC) foi utilizada para avaliar a similaridade estrutural entre os tipos de xenoenxertos testados. A DMO foi determinada por meio de uma análise quantitativa de imagens tomográficas e expressa em unidades Hounsfield (UH).²² Embora todos os materiais estudados sejam apresentados comercialmente como sendo similares ao osso humano, seus valores de DMO foram significativamente diferentes, dentre os quais o valor do G4 foi o menor. Fazendo-se uma analogia entre a classificação de Misch (2000)²³ para a densidade óssea humana, baseada em UH, e os valores assumidos pela variável DMO na análise dos blocos xenógenos testados no presente estudo, foi possível observar que os blocos do G1 apresentaram uma densidade correspondente ao tipo D3,5, os do G2, ao tipo D3, os do G3, ao tipo D4, e os do G4, ao tipo D5. No presente estudo, observou-se uma correlação positiva e moderada entre a DMO e a RFC apenas no G4, cuja densidade em UH pode ser comparada à do osso humano com densidade tipo D5. Esses resultados apontam para o fato de que o valor da densidade mineral, isoladamente, não representa um fator preditivo absoluto; outros fatores físico-químicos, tais como o processo de descelurização empregado, a espécie de origem, a inclusão de recursos de nanotecnologia, entre outros, ainda devem ser avaliados^{8,24}.

5 CONCLUSÃO

A análise dos resultados demonstrou que os quatro blocos de enxerto ósseo xenógenos avaliados com uma menor DMO tenderam a ter uma maior RFC.

REFERÊNCIAS

1. Milinkovic I, Cordaro L. Are there specific indications for the different alveolar bone augmentation procedures for implant placement? A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2014 May;43(5):606–25.
2. Schoenfeld CM, Lautenschlager EP, Meyer PR Jr. Mechanical properties of human cancellous bone in the femoral head. *Med Biol Eng.* 1974 May;12(3):313–7.
3. McAllister BS, Haghghat K. Bone augmentation techniques. *J Periodontol.* 2007 Mar;78(3):377–96.
4. Bagi CM, Hanson N, Andresen C, Pero R, Lariviere R, Turner CH, et al. The use of micro-CT to evaluate cortical bone geometry and strength in nude rats: correlation with mechanical testing, pQCT and DXA. *Bone.* 2006 Jan;38(1):136–44.
5. Wolff J, editor. *The law of bone remodeling.* 1st ed. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1986. 126 p.
6. Leslie WD, Lix LM. Manitoba Bone Density Program. Absolute fracture risk assessment using lumbar spine and femoral neck bone density measurements: derivation and validation of a hybrid system. *J Bone Miner Res.* 2011 Mar;26(3):460–7.
7. Kaneko TS, Bell JS, Pejicic MR, Tehranzadeh J, Keyak JH. Mechanical properties, density and quantitative CT scan data of trabecular bone with and without metastases. *J Biomech.* 2004 Apr;37(4):523–30.
8. Felice P, Marchetti C, Piatelli A, Pellegrino G, Checchi V, Worthington H, et al. Vertical ridge augmentation of the atrophic posterior mandible with interpositional block grafts: bone from the iliac crest versus bovine anorganic bone. *Eur J Oral Implantol.* 2008;1(3):183-98.
9. Kruse A, Jung RE, Nicholls F, Zwahlen RA, Hammerle CH, Weber FE. Bone regeneration in the presence of a synthetic hydroxyapatite/silica oxide-based and a xenogenic hydroxyapatite-based bone substitute material. *Clin Oral Implants Res.* 2011 May;22(5):506-11.
10. Dias MA, Romito G, Villar CC, Sapata VM, Teixeira ML, Aloise AC, et al. Prevalence of horizontal alveolar changes in edentulous patients: a retrospective tomographic study. *Braz Oral Res.* 2020 Feb 27;34:e016. doi: 10.1590/1807-3107bor-2020.vol34.0016. eCollection 2020.
11. Ghanaati S, Barbeck M, Booms P, Lorenz J, Kirkpatrick CJ, Sader RA. Potential lack of “standardized” processing techniques for production of allogenic and xenogenic bone blocks for application in humans. *Acta Biomater.* 2014 Aug;10(8):3557-62.
12. Schwarz F, Ferrari D, Balic E, Buser D, Becker J, Sager M. Lateral ridge augmentation using equine- and bovine-derived cancellous bone blocks: a feasibility study in dogs. *Clin Oral Implants Res.* 2010 Sep;21(9):904-12.

13. Kessler P, Thorwarth M, Bloch-Birkholz A, Nkenke E, Neukam FW. Harvesting of bone from the iliac—crest comparison of the anterior and posterior sites. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2005 Feb;43(1):51-6.
14. Chiapasco M, Zaniboni M, Boisco M. Augmentation procedures for the rehabilitation of deficient edentulous ridges with oral implants. *Clin Oral Implants Res*. 2006 Oct;17(2):136-59.
15. Bränemark PI, Hanson BO, Adell R, Breine U, Lidstrom J, Hallen O, et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl*. 1977;16(1):1-132.
16. Di Stefano DA, Greco GB, Riboli F. Guided bone regeneration of an atrophic mandible with a heterologous bone block. *Craniomaxillofacial Trauma Reconstr*. 2016 Mar;9(1):88-93.
17. Silva IMCC, Freitas DQ, Ambrosano GMB, Bóscolo FN, Almeida SM. Bone density: comparative evaluation of Hounsfield units in multislice and cone beam computed tomography. *Braz Oral Res*. 2012 Nov-Dec;26(6):550-6.
18. Al-Asfour A, Farzad P, Andersson L, Joseph B, Dahlin C. Host tissue reactions of non-demineralized autogenic and xenogenic dentin blocks implanted in a non- osteogenic environment. An experimental study in rabbits. *Dent Traumatol*. 2014 Jun;30(3):198-203.
19. Felice P, Pellegrino G, Checchi L, Pistilli R, Esposito M. Vertical augmentation with interpositional blocks of anorganic bovine bone vs. 7-mm-long implants in posterior mandibles: 1-year results of a randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res*. 2010 Dec;21(12):1394-403.
20. Stevenson S, Emery SE, Goldberg VM. Factors affecting bone graft incorporation. *Clin Orthop Relat Res*. 1996 Mar;324:66-74.
21. Hofmann D, Entrialgo-Castaño M, Kratz K, Lendlein A. Knowledge-based approach towards hydrolytic degradation of polymer-based biomaterials. *Adv Mater* 2009 Sep 4;21(32-33):3237–45. doi: 10.1002/adma.200802213.
22. Aranyarachkul P, Caruso J, Gantes B, Schulz E, Riggs M, Dus I, et al. Bone density assessments of dental implant sites: 2. Quantitative cone-beam computerized tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants* . 2005 May-Jun;20(3):416-24.
23. Misch CE. [Contemporary Implant Dentistry]. 2nd ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2000. Xxxx p. Portuguese.
24. Xu W, Ganz C, Weber U, Adam M, Holzhter G, Wolter D, et al. Evaluation of injectable silica-embedded nanohydroxyapatite bone substitute in a rat tibia defect model. *Int J Nanomedicine*. 2011;6:1543-52.