

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE ÓSSEA POR MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO POR IMAGEM

EVALUATION OF BONE QUALITY BY IMAGING DIAGNOSTIC METHODS

Ana Lucia Marcondes¹

RESUMO

O aumento na expectativa de vida da população vem ocorrendo no decorrer dos anos levando a um aumento na população de adultos e idosos, que torna o envelhecimento populacional um preocupante aspecto com relação à qualidade de vida desses idosos, principalmente no quesito da fragilidade óssea e susceptibilidade a fraturas. Além do equipamento de densitometria óssea (DXA) com o cálculo da densidade mineral óssea, outros métodos de diagnóstico por imagem podem ser utilizados para avaliação da qualidade óssea. O objetivo deste trabalho é mostrar os métodos diagnósticos que avaliam essa qualidade óssea. A tomografia computadorizada e a ressonância magnética podem ser úteis uma vez que além de índices de qualidade óssea, podem ser utilizados conjuntamente na investigação de dores lombares. O escore de osso trabecular pode ser um índice avaliado durante a investigação da osteoporose no equipamento DXA e o ultrassom quantitativo de calcâneo é uma alternativa de baixo custo com a possibilidade de um pré-diagnóstico em rastreamento populacional. Alternativas diagnósticas são importantes ferramentas que devem ser consideradas para o entendimento da fragilidade óssea ao longo da vida e da problemática do envelhecimento populacional no quesito qualidade de vida.

Palavras-chave: Densitometria Óssea. Escore de Osso Trabecular. Ressonância Magnética. Tomografia Computadorizada. Ultrassonografia Quantitativa.

ABSTRACT

Life expectancy increasing has occurred over the years, leading to an increase in the population of adults and elderly which makes population aging a worrying aspect in relation to the quality of life of elderly people, especially in terms of bone fragility and susceptibility to fractures. In addition to bone densitometry (DXA) equipment with bone mineral density calculation, other diagnostic imaging methods can be used to assess bone quality. The objective of this paper is to show diagnostic methods that evaluate this bone quality. Computed tomography and magnetic resonance imaging can be useful since, in addition to bone quality indices, they can be used together in investigation of low back pain. Trabecular bone score can be an index evaluated during the investigation of osteoporosis in the DXA equipment and the quantitative calcaneus ultrasound is a low-cost alternative with the possibility of a pre-diagnosis in population screening. Diagnostic alternatives are important tools that should be considered for understanding bone fragility throughout life and the problem of population aging in terms of life quality.

Keywords: Computed Tomography. Dual X Ray Absortometry. Magnetic Resonance. Quantitative Ultrasound. Trabecular Bone Score.

¹ Professora Doutora da Faculdade de Tecnologia de Botucatu, Curso de Radiologia. Avenida José Ítalo Bacchi s/n – jardim Aeroporto – Botucatu – SP CEP: 18606-855. Tel. (14) 3814-3004. e-mail: ana.marcondes@fatec.sp.gov.br.

1 INTRODUÇÃO

O aumento na expectativa de vida dos indivíduos subiu em aproximadamente 31 anos desde a década de 40 até os dias de hoje, sendo que esse aumento foi de 30,2 anos para os homens e 31,8 anos para as mulheres, sendo atualmente a expectativa de vida para os homens em 73 anos e 80 anos para as mulheres (IBGE, 2020). Em 2010, a população total com mais de 60 anos era de 21 milhões e estima-se para 2019 aproximadamente 29 milhões de idosos e as mulheres são a maioria expressiva nesse grupo com 16 milhões enquanto os homens idosos são 13 milhões (IBGE, 2020) e a previsão é que em 2025 existirá 36 milhões de pessoas com mais de 60 anos (IBGE, 2018).

A projeção do envelhecimento populacional vem aumentando por diversos motivos, como a diminuição na taxa de natalidade, serviços básicos de saúde que geram uma melhoria na qualidade de vida, cuidados com a saúde, controle de doenças entre outros (RITCHIE; ROSER, 2019). Com o aumento desse grupo etário é necessário que sejam planejadas estratégias para uma melhora na qualidade de vida dos idosos, principalmente no que se refere à prevalência de doenças crônicas não transmissíveis, como por exemplo, doenças osteomioarticulares, do aparelho cardiorrespiratório, cerebrovasculares, neoplasias e metabólicas, dentre elas as osteodegenerativas, como a osteoporose (CORTEZ *et al.*, 2019).

Esse envelhecimento se torna preocupante uma vez que com uma população maior de idosos, pode-se prever um aumento nos casos de osteoporose. A osteoporose é um distúrbio osteodegenerativo relacionado com o comprometimento da força óssea dos ossos corticais e trabeculares, que afeta a microarquitetura do tecido ósseo e sua densidade mineral, predispondo o indivíduo, especialmente os idosos, a fraturas (GALI, 2001). No mundo, estima-se que mais de 125 milhões de pessoas tenham osteoporose e 1 em cada 3 mulheres e 1 em cada 5 homens desenvolverão essa fragilidade óssea resultando em uma internação hospitalar a cada 3 segundos (VAN OOSTWAARD, 2018).

A densidade mineral óssea (DMO) estimada no equipamento de densitometria óssea, conhecido como *dual x ray absorptiometry* (DXA), é o principal parâmetro para determinação da massa óssea, principalmente na população acima dos 50 anos, entretanto outras técnicas precisam ser consideradas para a avaliação da qualidade óssea, visto que a microarquitetura e estrutura óssea são fatores importantes para a resistência e força do osso (CHANG *et al.*, 2017) e no Brasil, o número de equipamentos DXA é insuficiente para atender toda a população de idosos, havendo a necessidade de dobrar o número de equipamentos, tanto no setor público, quanto no privado (MARIANA; MARCONDES, 2022).

Portanto este trabalho tem como objetivo mostrar os métodos diagnósticos por imagem que avaliam a qualidade óssea.

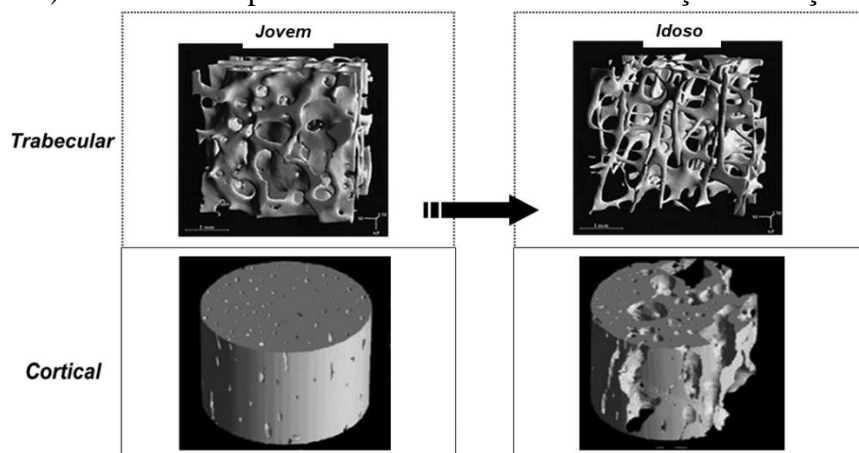
2 DESENVOLVIMENTO DO ASSUNTO

O aumento na expectativa de vida da população vem ocorrendo no decorrer dos anos levando a um aumento na população de adultos e idosos. Na década de 50 a proporção entre jovens (idade inferior a 15 anos) e adultos (15 a 64 anos) era de 1:2, atualmente é de 1:2,5 e a previsão para o final do século é de 1:3,5 (RITCHIE; ROSER, 2019). A população que mais aumenta no Brasil é a de idosos, com taxa de 4% ao ano no período de 2010 a 2022 e a projeção estimada de idosos para 2060 é que esta seja 3,75 vezes maior que em 2010 (IBGE, 2020). Essa taxa de crescimento está associada a fatores como diminuição na taxa de fecundidade e natalidade, melhoria nas condições de saneamento básico, no tratamento de doenças e no acesso a serviços de saúde, além de avanços na medicina em geral (KALACHE *et.al.*, 1987).

Esse aumento requer uma atenção especial no que tange os investimentos sociais, principalmente na área da saúde. São necessárias políticas de saúde para a população idosa com estratégias que lidem com a qualidade de vida para um envelhecimento de forma funcional e com o aumento das patologias relacionadas ao envelhecimento. Além do processo natural de envelhecimento que acarreta modificações funcionais e estruturais, o aparecimento de patologias fica mais prevalente, como as alterações sensoriais, cardiovasculares e as doenças ósseas (BORGES *et al.*, 2017). Dentre as patologias ósseas, pode-se citar a osteoporose, pois ocorre, durante o processo de envelhecimento, uma desmineralização da matriz óssea com consequente perda da massa óssea, predispondo o indivíduo a fraturas de baixo impacto que reduzem significativamente a mobilidade e a qualidade de vida do indivíduo, além de acarretar doenças associadas como por exemplo, a depressão (MARIANA; MARCONDES, 2022).

Com o envelhecimento e a osteoporose, a perda óssea é acompanhada de deterioração da microarquitetura trabecular e do aumento da porosidade trabecular e cortical, levando à perda de resistência óssea (FIGURA 1) (KAZEROONI *et al.*, 2020).

FIGURA 1. Efeito do envelhecimento na perda óssea. Osso trabecular e cortical de adulto jovem (esquerda) e aumento da porosidade com efeito na diminuição da força óssea (direita).



Fonte: adaptado de Kazerooni *et al.*, 2020.

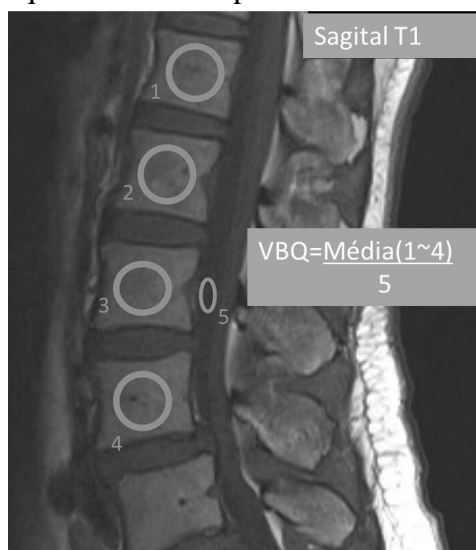
O método de diagnóstico padrão ouro para o diagnóstico da osteoporose é o DXA que utiliza radiação ionizante na forma de raios X com feixes de alta e baixa energia que resultam no cálculo da densidade mineral óssea (DMO) onde obtém-se, após a comparação com um banco de dados de adultos jovens normais, um índice que resultará num diagnóstico de normalidade, baixa massa óssea ou osteoporose (BAZZOCCHI *et al.*, 2016).

Porém, a DMO representa somente 60 a 80 % da força óssea e embora o DXA seja padrão ouro, indivíduos com fratura por fragilidade óssea podem ter valores de DMO considerados normais (SILVA *et al.*, 2014). Essa discrepância entre a DMO e a incidência de fratura em alguns indivíduos evidencia que a qualidade, a microarquitetura trabecular, a remodelação óssea, não estimados pelo DXA, são fatores importantes para a avaliação da força óssea e do risco de fraturas (EHRESMAN *et al.*, 2020). A qualidade óssea pode ser avaliada através de outras modalidades diagnósticas, dentre eles pode-se citar a ressonância magnética (RM), a tomografia computadorizada (TC), a ultrassonografia quantitativa (QUS) e o escore de osso trabecular no equipamento DXA (BAZZOCCHI *et al.*, 2016; EHRESMAN *et al.*, 2020; QASIM; OLUMIDE; WAYNE, 2019).

A RM é uma técnica que pode avaliar a qualidade óssea pelo escore de qualidade óssea vertebral (*vertebral bone quality* - VBQ) da coluna lombar ponderada em T1 sem contraste, onde a infiltração de gordura prejudicial no corpo vertebral poroso prediz a diminuição da qualidade do osso trabecular e fornece dados significativos sobre a qualidade óssea do paciente. Suas vantagens são a não utilização de radiação ionizante e o fato de poder ser realizada conjuntamente quando o paciente é submetido ao exame de coluna lombar na investigação de dores (EHRESMAN *et al.*, 2020). Cortes sagitais são utilizados para a medição da intensidade

média do sinal do osso trabecular das vértebras L1 a L4 que dividido pela intensidade do sinal do líquido cérebro-espinhal na altura de L3, resulta no VBQ (FIGURA 2) (EHRESMAN *et al.*, 2020). Uma alta intensidade de sinal evidencia ossos trabeculares com mais gordura e valores altos de VBQ, acima de 3,0, demonstram uma menor qualidade desse osso evidenciando a fragilidade às fraturas, mesmo quando não associados com valores altos de DMO em DXA, sugerindo que esse escore é uma ferramenta mais precisa que DXA (AYNASZYAN *et al.*, 2022).

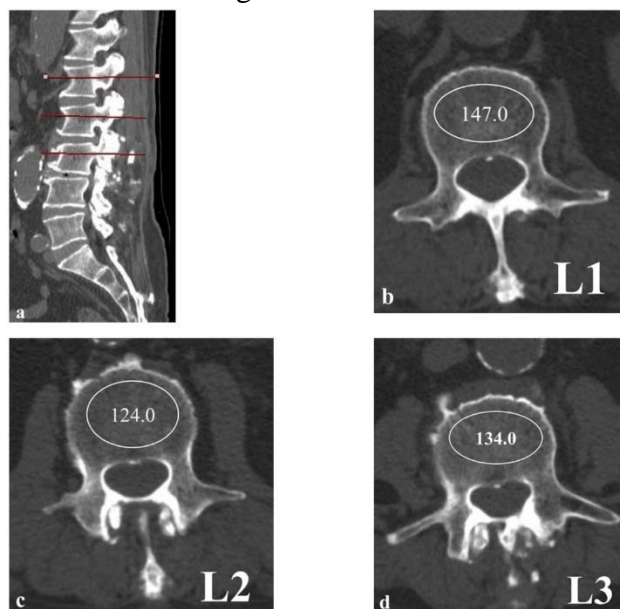
FIGURA 2. Ressonância Magnética sagital da coluna lombar ponderada em T1. O valor de VBQ é obtido pela média da intensidade de sinal de L1 a L4 dividida pela intensidade do sinal no líquido cérebro-espinhal em altura de L3.



Fonte: Adaptado de HU *et al.*, 2022

Dentre os métodos para a visualização da microarquitetura óssea, a TC permite uma avaliação da geometria óssea e a avaliação tridimensional do conteúdo mineral ósseo podendo distinguir os compartimentos trabecular e cortical além da DMO dos ossos, evidenciando a força e estrutura nesses compartimentos (MARTÍN *et al.*, 2020). Com a medida de unidade Hounsfield (HU), que pode ser obtida em exames já realizados em coluna lombar em cortes sagitais ou axiais (FIGURA 3), pode-se obter a qualidade óssea alterada com valores de aproximadamente 110 UH para osteoporose e 135 UH para osteopenia (QASIM; OLUMIDE; WAYNE, 2019).

FIGURA 3. Tomografia computadorizada de coluna lombar. Medidas de unidades Hounsfield com áreas de interesse de formato elíptico com exclusão da região cortical do corpo vertebral. (a) imagem sagital (b) imagem axial de L1 (c) imagem axial de L2 (d) imagem axial de L3.

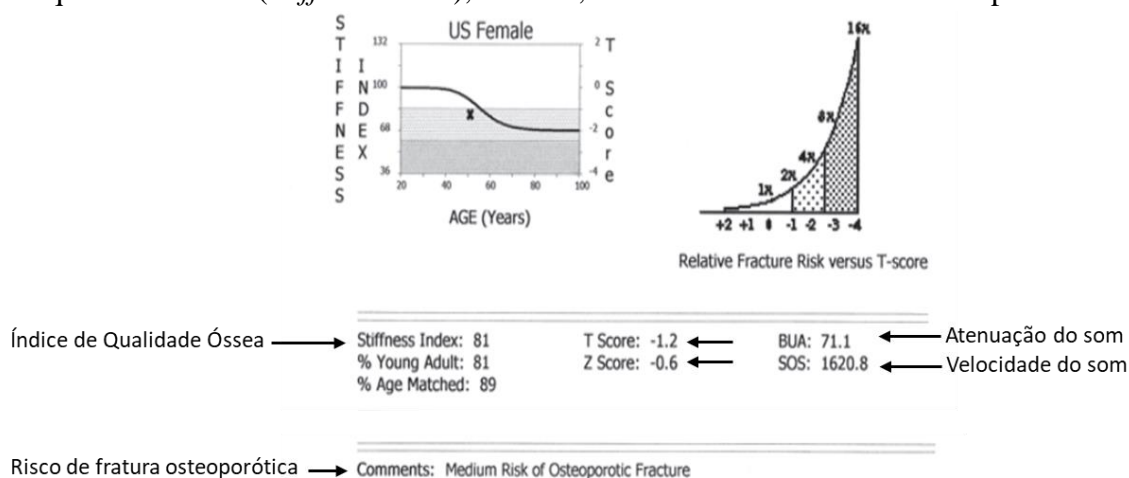


Fonte: Kim *et al.*, 2019.

A RM e a TC são métodos de imagem que estão ganhando notoriedade na avaliação da qualidade óssea, porém essas duas técnicas possuem as desvantagens de serem métodos com alto custo, dificuldade de acesso pela população e a alta dose de radiação depositada no exame de TC (MARTÍN *et al.*, 2020). Um exame da coluna lombar de DXA deposita uma dose entre 0,001–0,05 mSv, sendo inferior à TC que pode depositar aproximadamente 3 mSv (GRAEFF *et al.*, 2007; ITO, *et al.*, 2005).

Um método mais acessível para avaliação da qualidade óssea é a QUS do calcâneo. A técnica utiliza a transmissão da onda sonora através do tecido osso de calcâneo, sítio esse escolhido pela sua composição trabecular, formato ósseo plano e com padrão de desmineralização semelhante ao da coluna (OO *et al.*, 2018). Os parâmetros coeficiente de atenuação do som (BUA) e velocidade do som (SOS) são medidos e o índice de qualidade óssea (*Stiffness Index IS*) é calculado a partir desses parâmetros, inferindo a probabilidade de fratura em baixo, médio e alto risco (FIGURA 4) (KRIEG *et al.*, 2007).

FIGURA 4. Resultado de ultrassonografia quantitativa do calcâneo do equipamento Achilles EXP II mostrando o valor atenuação do som (BUA), velocidade do som (SOS), índice de qualidade óssea (*Stiffness Index*), T-score, Z-score e risco de fratura osteoporótica.

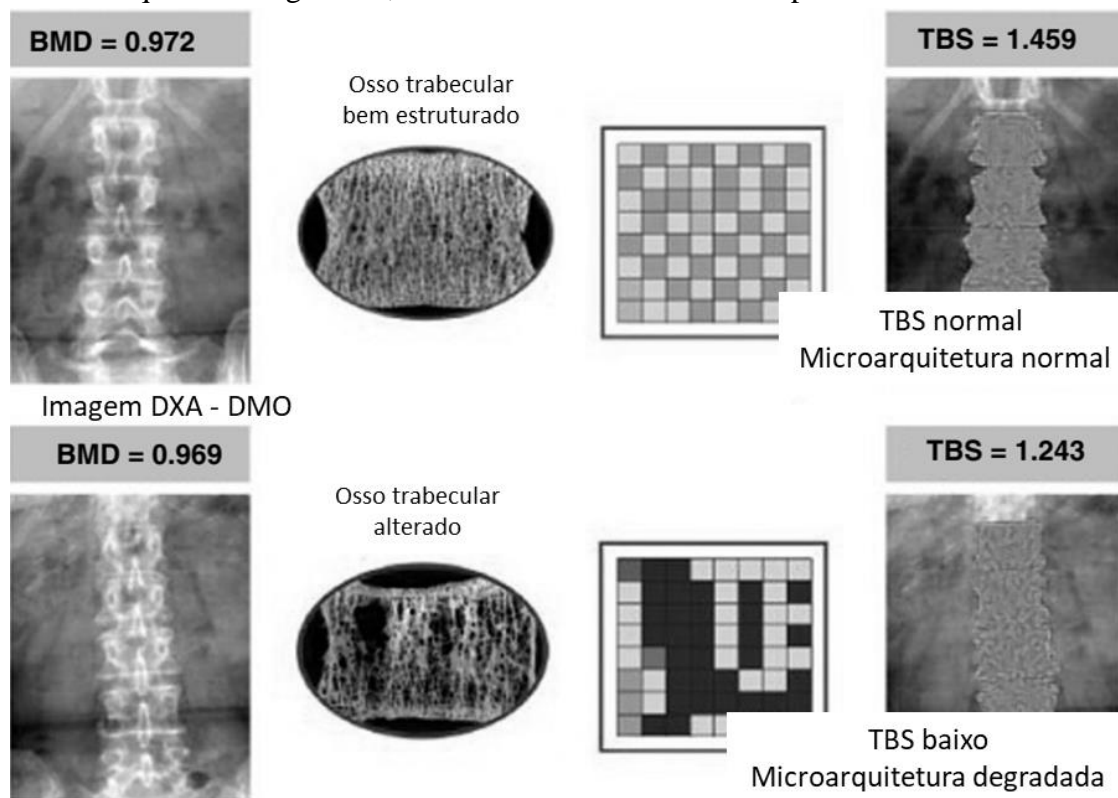


Fonte: Adaptado de GE Healthcare, 2017.

A QUS é uma técnica de baixo custo, com radiação não ionizante e que pode ser utilizada de forma portátil, porém ainda sem valores de referência a serem atribuídos aos pacientes para diagnóstico de osteoporose (LINK; KAZAKIA, 2020). Segundo as posições oficiais (ISCD, 2019), a QUS pode ser utilizado, em conjunto com a avaliação dos fatores de risco do paciente, para identificar a probabilidade de fraturas ou como uma ferramenta de triagem populacional para identificação de indivíduos com baixo ou alto risco de fratura. Embora a QUS não seja o padrão ouro para o diagnóstico da osteoporose, sua facilidade de manuseio e baixo custo, pode ser uma alternativa para sua utilização ao invés do equipamento DXA em situações de rastreamento.

Uma alternativa para o estudo da qualidade óssea, utilizando o equipamento DXA, é o escore de osso trabecular (TBS) que se baseia em um índice textural que utiliza os tons de cinza dos pixels da coluna lombar para avaliação da microarquitetura trabecular, que é um preditor do risco de fratura (FIGURA. 5) (KROHN *et al.*, 2019). Quanto maior o valor de TBS, mais densa, homogênea e bem interligada é a textura da microarquitetura trabecular com pequenos espaços entre as trabéculas ósseas, sendo que o inverso representa uma arquitetura óssea degradada e de baixa qualidade (MARTÍN *et al.*, 2020).

FIGURA 5. Imagem de escore de osso trabecular. Exemplo de dois pacientes com densidade mineral óssea semelhantes, porém com escore de osso trabecular distintos. Imagem de cima representa um alto TBS e uma microarquitetura normal e a imagem de baixo representa uma microarquitetura degradada, com TBS menor e com maior probabilidade de fratura.



Fonte: Adaptado de SILVA *et al.*, 2014.

Dentre as aplicações práticas, o TBS está associado a fraturas osteoporóticas em mulheres na pós menopausa e homens com mais de 50 anos, porém não deve ser utilizado sozinho para determinar o diagnóstico ou o tratamento para osteoporose e sim associado com a Ferramenta de Avaliação de Risco de Fratura (FRAX) e DMO para o ajuste da probabilidade de fraturas osteoporóticas, podendo ser utilizado também no monitoramento de tratamentos com bifosfonatos em mulheres com osteoporose na pós menopausa com diabetes tipo II (ISCD, 2019). Portanto, as ferramentas de imagem, como T-score e TBS, além dos fatores clínicos, são métodos eficientes para a intervenção da osteoporose e do risco de fratura (MARTÍN *et al.*, 2020).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A osteoporose pode ser diagnosticada através do equipamento DXA com a avaliação da DMO, porém existe a necessidade de utilização de outros métodos visto que a qualidade óssea

é importante e também pelo número insuficiente de equipamentos DXA. Dentre os métodos de avaliação da qualidade óssea pode-se utilizar a TC e a RM, porém são equipamentos com alto custo, dificuldade de acesso pela população e no caso da TC, uma maior deposição de dose para o paciente. A vantagem é que podem ser utilizados conjuntamente na investigação de dores lombares. O TBS estimado no equipamento de DXA tem a vantagem de poder ser adquirido conjuntamente com o exame de DXA para diagnóstico da osteoporose. Uma alternativa de baixo custo, portabilidade e com a possibilidade de um pré-diagnóstico em rastreamento populacional é o QUS. Alternativas diagnósticas são importantes ferramentas que devem ser consideradas para o entendimento da fragilidade óssea ao longo da vida e da problemática do envelhecimento populacional no quesito qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

- AYNASZYAN, S. *et al.* Patient physiology influences the MRI-based vertebral bone quality score. **The Spine Journal**. v. 22, n. 11, p. 1866-1874, 2022. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1529943022002509>>. Acesso em 19 fev. 2023.
- BAZZOCCHI, A. *et al.* DXA: Technical aspects and applications. **European Journal of Radiology**. v. 8, p. 1481-1892. 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0720048X16301188>>. Acesso em: 15 fev. 2023.
- BORGES, E. *et al.* O envelhecimento populacional um fenômeno mundial. In: DANTAS, E.H.M., SANTOS, C.A.S. (Org.) **Aspectos biopsicossociais do envelhecimento e a prevenção de quedas na terceira idade**. Joaçaba: Editora Unoesc, 2017. p. 19-46. Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgps/ebooks/Aspectos_Biopsicossociais_do_envelhecimento.pdf#page=17>. Acesso em: 13 abr. 2023.
- CHANG, G. *et al.* MRI assessment of bone structure and microarchitecture. **Journal of Magnetizing Resonance Imaging**. v. 46, n. 2, p. 323-337, 2017. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/action/showCitFormats?doi=10.1002%2Fjmri.25647>>. Acesso em: 13 abr. 2023.
- CORTEZ, A.C.L. *et al.* Aspectos gerais sobre a transição demográfica e epidemiológica da população brasileira. **Enfermagem Brasil**. v. 18, n. 5, p. 700-709, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Cortez/publication/337330308_Aspectos_gerais_sobre_a_transicao_demografica_e_epidemiologica_da_populacao_brasileira/links/5ede707692851cf138698aa6/Aspectos-gerais-sobre-a-transicao-demografica-e-epidemiologica-da-populacao-brasileira.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2023.

EHRESMAN, E. *et al.* Vertebral bone quality score predicts fragility fractures independently of bone mineral density. **The Spine Journal**. v. 21, n. 1, p. 20-27, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1529943020307610>>. Acesso em: 15 abr. 2023.

GALI, J.C. Osteoporose. **Acta Ortopédica Brasileira**. v. 9, n. 2, p.3-12, 2001. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aob/a/HrYxqDxKjnYTHnVxFySk6dn/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 06 jun. 2023.

GE Healthcare. Achilles EXPIL. **Affordable and convenient fracture risk assessment using quantitative ultrasound**. 2017. Disponível em: <<https://www.hoser.cl/img/tabs/0017-BrochureAchillesEXPILQUSfromGE%20HealthcareJB52895XX.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

GRAEFF, C. *et al.* Monitoring teriparatide-associated changes in vertebral microstructure by high-resolution CT in vivo: results from the EUROFORS study. **Journal of Bone Mineral Research**. v. 22, n. 9, p. 1426–33. 2007. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17547537/>>. Acesso em: 06 jun. 2023.

HU, U-H. *et al.* Novel MRI-based vertebral bone quality score as a predictor of cage subsidence following transforaminal lumbar interbody fusion. **Journal of Neurosurgery**. v. 37, n. 5, p. 654-662, 2022. Disponível em: <<https://thejns.org/spine/view/journals/j-neurosurg-spine/37/5/article-p654.xml>>. Acesso em: 10 mar. 2023.

IBGE. **Brasil - Projeção da população por sexo e idade - Indicadores implícitos na projeção - 2010/2060**. IBGE/Diretoria de Pesquisas. Coordenação de População e Indicadores Sociais. Gerência de Estudos e Análises da Dinâmica Demográfica. 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 06 jun. 2023.

IBGE. **Em 2019, expectativa de vida era de 76,6 anos**. 2020. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/29502-em-2019-expectativa-de-vida-era-de-76-6-anos#:~:text=Em%202019%2C%20expectativa%20de%20vida,anos%20%7C%20Ag%C3%A4Anci>>. Acesso em: 11 abr. 2023.

ISCD. Indicações para Teste de Densidade Mineral Óssea (DMO). **The International Society For Clinical Densitometry**. Aprovado e aceito pelo Conselho da ISCD em 28 de maio de 2019. Disponível em: <<https://iscd.org/learn/official-positions/adult-positions/>>. Acesso em: 24 mar. 2023.

ITO, M. *et al.* Multi-detector row CT imaging of vertebral microstructure for evaluation of fracture risk. **Journal of Bone Mineral Research**. v. 20, n. 10, p.1828– 36, 2005. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16160740/>>. Acesso em: 06 jun. 2023.

KALACHE, A. *et al.* O envelhecimento da população mundial: um desafio novo. **Revista da Saúde Pública**. v. 21, n. 3, 1987. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rsp/a/RRbSJj3PsLtCXyLPqzTJh6Q/?lang=pt>>. Acesso em: 06 jun. 2023.

- KAZEROONI, A.F. *et al.* Diffusion MRI for Assessment of Bone Quality; A Review of Findings in Healthy Aging and Osteoporosis. **Journal of Magnetic Resonance Imaging**. v. 51, n. 4, p. 975-992. 2020. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jmri.26973>>. Acesso em: 06 abr. 2023.
- KIM, K. J. *et al.* Hounsfield Units on Lumbar Computed Tomography for Predicting Regional Bone Mineral Density. **Open Medical**, v. 14, p. 545-551. 2019. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31410366/>>. Acesso em: 15 abr. 2023.
- KRIEG, M.A. *et al.* Quantitative Ultrasound in the Management of Osteoporosis: The 2007 ISCD Official Positions. **Journal of Clinical Densitometry**, v. 11, n. 1, p. 163–187. 2007. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18442758/>>. Acesso em: 11 fev. 2023.
- KROHN, K. *et al.* Dual-energy X-ray Absorptiometry Monitoring with Trabecular Bone Score: 2019 ISCD Official Position. **Journal of Clinical Densitometry**, v. 22, p. 501-505, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jocd.2019.07.006>>. Acesso em 15 mar. 2023.
- LINK, T.M.; KAZAKIA, G. Update on Imaging-Based Measurement of Bone Mineral Density and Quality. **Current Rheumatology Report**. V.22, n 5, 2020. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7875476/pdf/nihms-1664770.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2023.
- MARIANA, J.R., MARCONDES, A.L. Análise do número de equipamentos de densitometria óssea no Brasil para diagnóstico da osteoporose. **Revista Tekne e Logos**, v. 13, n.1, 2022. Disponível em: <<http://revista.fatecbt.edu.br/index.php/tl/article/view/827/471>>. Acesso em: 13 abr. 2023.
- MARTÍN, A.G. *et al.* New technologies in the evaluation of bone fragility and their application in endocrinology. **Endocrinología, Diabetes y Nutrición** (English ed.), v. 67, p. 602-610, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.endien.2020.01.008>>. Acesso em: 24 mar. 2023.
- Oo, W.M. *et al.* Clinical utilities of quantitative ultrasound in osteoporosis associated with inflammatory rheumatic diseases. **Quantitative Imaging Medical Surgery**, v. 8, n. 1, p. 100- 113. 2018. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5835660/>>. Acesso em: 06 jun. 2023.
- QASIM, Z.; OLUMIDE, D.; WAYNE, C. Measurement Techniques and Utility of Hounsfield Unit Values for Assessment of Bone Quality Prior to Spinal Instrumentation: A Review of Current Literature. **Spine**. v. 44, n. 4, p. 239-244, 2019. Disponível em: <https://journals.lww.com/spinejournal/Abstract/2019/02150/Measurement_Techniques_and_Utility_of_Hounsfield.16.aspx>. Acesso 20 fev.2023.
- RITCHIE, H.; ROSER, M. **Age Structure**. Publicado online em OurWorldInData.org. 2019. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/age-structure?country=#citation>>. Acesso em: 06 mar. 2023.
- SILVA, B.C. *et al.* Trabecular Bone Score: A Noninvasive Analytical Method Based Upon the DXA Image. **Journal of Bone and Mineral Research**. v. 29, n. 3, p.518-530. 2014.

Disponível em: < <https://asbmr.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jbmr.2176>>. Acesso em: 15 abr. 2023.

VAN OOSTWAARD, M. *et al.* Osteoporosis and the Nature of Fragility Fracture: An Overview. In: HERTZ, K.; SANTY-TOMLINSON, J. (Org.). **Fragility Fracture Nursing: Holistic Care and Management of the Orthogeriatric Patient** [Internet]. Springer, 2018. Disponível em: < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31314477/>>. Acesso em: 15 abr. 2023.